



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens produkter, Uppsala

**En systemanalys av tyngre lastbilars påverkan
på tågtransporter**

*An analysis on the effects of heavier vehicles impact
on railway transportation*

Martin Lööf



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens produkter, Uppsala

En systemanalys av tyngre lastbilars påverkan
på tågtransporter

*An analysis on the effects of heavier vehicles impact
on railway transportation*

Martin Lööf

Nyckelord: Logistik, optimering, transportkostnader, utsläpp

Examensarbete, 30 hp Avancerad nivå i ämnet företagsekonomi (EX0646)
Masterprogram - Skogsindustriell ekonomi 13/15

Handledare SLU, inst. för skogens produkter: Matti Stendahl
Examinator SLU, inst. för skogens produkter: Anders Roos

Sammanfattning

Skogsindustrin är en av de mest transportintensiva branscherna i Sverige. Detta resulterar i höga transportkostnader och av den totala råvarukostnaden utgör transportkostnaden ungefär en tredjedel. För att kunna minska transportkostnaderna finns förslag på att införa tyngre lastbilar som kan lasta mer gods än vad som idag (2015) är tillåtet. Kritiker mot ett sådant förslag menar att ett införande av tyngre lastbilar skulle leda till lastbilar prioriteras före tågtransporter och på så vis ökar branschens utsläpp.

Syftet med studien var dels att undersöka hur andelen tåg- respektive lastbilstransporter skulle påverkas, dels hur transportkostnader och utsläpp skulle påverkas vid införande av 74 tons lastbilar. Med hjälp av optimeringsverktyget FlowOpt undersökte denna studie hur transporter skulle påverkas om det fanns möjlighet att använda 74 tons lastbilar istället för dagens max tillåtna vikt på 60 ton. Som underlag för analysen användes transportdata från ett stort antal transporter i norra Sverige. Utöver detta har visualiseringar gjorts för att visa hur direktkörningsgränsen skiljer sig mellan 60 och 74 tons lastbilar. Direktkörningsgränsen definieras som den gräns där lastbilstransporten körs direkt till industri istället för att transportera till terminal för vidare transport med tåg.

Studien gjordes som en fallstudie på ett verkligt företag och baseras på tre scenarier. Det första scenariot representerar förutsättningarna när det enbart fanns tillgång till tåg och 60 tons lastbilar. Detta scenario användes som ett basscenario och utgjorde grunden för de olika jämförelserna. Det andra scenariot representerar en kombination av 60 och 74 tons lastbilar samt tåg. Det tredje och sista scenariot representerar en tillgång till 74 tons lastbilar och tågtransporter. Men på grund av att alla avlägg inte går att nå med 74 tons lastbilar behövdes 60 tons lastbilar läggas till för att enbart användas när det var nödvändigt. Valet av transport baserades i alla scenarier på lägsta möjliga transportkostnad och vägsträckans bärighetsklass.

Resultatet av denna studie visar på att ett införande av 74 tons lastbilar skulle leda till att andelen tågtransporter skulle minska upp till 2,61 procentenheter utifrån de olika förutsättningar som givits samt att ett fåtal direktkörningsgränser flyttas till förmån för lastbilar. Minskningen i andelen tågtransporter resulterar dock i att den totala transportkostnaden kan minskas med 9–10 % samt att utsläppen av koldioxid kan minskas med 6,6–7,3 %. Vidare visar resultaten på att det finns avlägg som bara 60 tons lastbilar når samt att det finns sträckor där det passar bättre att köra dessa fordon.

Slutsatsen av studien är att ett införande av 74 tons lastbilar skulle minska andelen transporter som sker med tåg men inte vara ett hot mot användningen av järnvägen. Införandet skulle ge positiva effekter på både transportkostnader och utsläpp samt att det svenska vägnätet är bäst anpassat för att utnyttja både 60 och 74 tons lastbilar.

Vidare forskning bör undersöka andra geografiska områden för att se om olika förutsättningar kan spela in på resultatet samt att analysera längre tidsperioder, nya upptagningsområden samt marginalvolymen som kan bli tillgängliga.

Nyckelord: logistik, optimering, transportkostnader, utsläpp

Abstract

The forest industry is one of the most transport-intensive industries in Sweden. This results in high transport costs and of the total raw material cost constitutes transports around a third of this cost. In order to reduce transport costs, there are proposals to introduce heavier trucks that can load more cargo. Critics argue that the imposition of heavier trucks would lead to that trucks priority over rail transport and thus increase the industry's emissions.

With help of the optimization tool FlowOpt this study examined how transportation would be affected if there were an opportunity to use the 74-ton trucks instead of the current maximum permissible weight of 60 tonnes. As a basis for the analysis, real transportation data from a large number of shipments in northern Sweden in 2012 are used. The aim of the study was to examine how the percentage of rail and truck transportation would be affected, and how transport costs and emissions would be affected by the introduction of 74-tonne trucks. In addition, visualizations made to show how the direct driving limit differs between 60 and 74 ton trucks.

The study was conducted as a case study of a real business and is based on three scenarios. The first scenario that would represent the conditions as only trains and 60 tonne trucks were available. This scenario was used as a base scenario and provided the basis for the various comparisons. The second scenario represents a combination of 60 and 74 ton trucks, and trains. The third and final scenario represented a scenario in which only had 74-ton trucks and rail transport but because of all landings is not accessible by 74-ton trucks, 60-ton trucks needed to be added to be used only when it was necessary. The choice of transportation in the scenarios was based on the lowest possible transportation costs and road segment load class.

The results of this study show that the introduction of 74-tonne trucks would lead to the share of rail transport would decrease up to 2.61 percentage points from the various opportunities given and that a small number of directly driving borders shifted in favor of trucks. The decrease in the proportion of rail transport, however, results in the total transport cost can be reduced by 9-10% and that emissions can be reduced by 6.6-7.3%. The results also showed that there is a landing that is only 60-ton trucks reach and that there are distance where it fits better to drive these vehicles.

The conclusion of the study is that the inclusion would reduce the share of transport by rail, but not be a threat to the use of the railway. The introduction would have a positive effect on both transportation costs and emissions as well as the Swedish road network is best suited to take advantage of both 60 and 74-ton trucks.

Further research should examine other geographic areas to see if different conditions could play into the outcome. It would also be of interest to analyze longer periods of time, new catchment areas and marginal volumes that may be available

Keywords: *Logistics, optimization, transportation cost, emission*

Förord

Förordet till den här uppsatsen är det sista jag skriver inom masterprogrammet skogsindustriell ekonomi. Två år som varit mycket lärorika och intressanta.

Jag skulle vilja börja med att rikta ett tack till Skogforsk och ETT-styrelsen för möjligheten och finansieringen av detta examensarbete. Vidare vill jag rikta ett stort tack till Victor Asmoarp på Skogforsk för ovärderlig hjälp under arbetets gång samt alla på Skogforsk som ställt upp med hjälp under processen.

Jag vill även rikta ett tack till min handledare Matti Stendahl vid SLU för utomordentlig handledning under arbetet samt institutionen för skogens produkter för dessa två år.

Martin Lööf
Skogsindustriell ekonomi 13/15

Innehållsförteckning

Sammanfattning

Abstract

Förord

Innehållsförteckning	5
1. Inledning.....	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Begrepp	7
1.3 Syfte	7
1.4 Frågeställningar	7
1.5 Tidigare forskning inom området.....	7
1.7 Avgränsningar	8
1.8 Värd företag - Skogforsk.....	8
2. Ekonomin för virkestransporter.....	10
2.1 Transportplanering	10
2.2 Transportkostnader	12
2.3 Transportmedlens miljöpåverkan	13
2.4 Teorins tillämpning	13
3. Metod	14
3.1 En deduktiv fallstudie.....	14
3.2 Kvantitativ metod och kvalitativ metod	14
3.3 Optimeringslära och dess process	15
3.4 FlowOpt.....	16
3.5 Problemlösning.....	16
3.5.1 Optimeringsmodellen.....	16
3.5.2 Valda scenarier.....	17
3.5.3 Bearbetning av det klassiska transportproblemet.....	17
3.5.4 Utsläppsberäkningar.....	19
3.6 Insamling och urval av data.....	21
3.6.1 Industrier	21
3.6.2 Sortiment.....	21
3.6.3 Tidsperiod	22
3.6.4 Terminaler.....	22
3.6.5 Transportpunkter	22
3.6.6 Kvantitet.....	23
3.6.7 Vägnät.....	23
3.7 Transportkostnader.....	23
3.7.1 Transportkostnader för lastbil.....	23
3.7.2 Transportkostnader för tåg.....	24
3.8 Etiskt förhållningssätt.....	24
3.9 Metod för frågeställningar.....	24
4. Resultat och analys	26
4.1 Inverkan på andelen tågtransporter	26
4.2 Inverkan på den totala transportkostnaden	27
4.3 Inverkan på koldioxidutsläppen	29
4.4 Direktkörningsgräns	30
5. Diskussion	33
5.1 Metoddiskussion.....	33
5.2 Resultatdiskussion	35
6. Slutsatser	37
6.1 Förslag på vidare forskning	37
Referenser.....	38

1. Inledning

I det inledande kapitlet presenteras studiens bakgrund. Bakgrunden bidrar med förståelse för det syfte och de frågeställningar som presenteras i kapitlet. Kapitlet innehåller även en begreppslista, tidigare forskning inom området, studiens vetenskapliga bidrag och avgränsningar samt en presentation av värdföretaget.

1.1 Bakgrund

Skogsindustrin är en av de mest transportintensiva branscherna i Sverige (Skogsindustrierna, 2013). Under 2012 utgjorde skogs- och skogsindustriprodukter 22 % av all inrikes transport via järnväg och lastbil (Skogstyrelsen, 2014). Den mängd rundvirke som transporterades med järnväg uppgick till 7,4 miljoner ton och 36,8 miljoner ton för lastbilstransporter – det vill säga nästan 17 % av transportererna skedde med tåg medan drygt 83 % av transportererna skedde med lastbil (Skogstyrelsen, 2014). Av den totala råvarukostnaden utgör transportkostnaden en tredjedel och att sänka denna kostnad är något som har hög prioritet inom Skogsnäringen (Forsberg et al., 2005). För att detta ska bli möjligt har strävan under längre tid varit att kunna införa tyngre och längre lastbilar – mer precist fordon med en bruttovikt på 74 respektive 90 ton. Denna typ av lastbilar körs sedan några år också som prov på de svenska vägarna. Förhoppningen att ett lagstadgat beslut ska komma från riksdagen som gör det möjligt att höja den nuvarande maxvikten på 60 ton till 74 ton. För att undvika ökat marktryck kommer lastbilarna utrustas med fler axlar för att få vikten bättre fördelad. Tanken är att de nya lastbilarna ska leda till en minskning av koldioxidutsläppen samt ge lägre transportkostnader per fraktad mängd gods (Andersson & Frisk, 2013a) och görs möjligt eftersom det går att frakta mer virke med respektive transport, något som i sin tur även bör leda till att fordonets upptagningsområde ökar.

Transport av virke från x till y sker antingen med lastbil direkt från avlägget till leveranspunkten eller med lastbil från avlägget till tågterminaler för omlastning och vidaretransport till leveranspunkten med tåg. Vilket alternativ som väljs baseras på vad som är mest kostnadseffektivt. Något som leder till att det vid en viss direktkörningsgräns är mer lönsamt att leverera direkt till leveranspunkten med lastbil istället för att använda sig av tågterminaler och vice versa (Asmoarp¹). Direktkörningsgränsen definieras som den gräns där en lastbil väljer att transportera virke direkt till industri istället för att transportera till terminal för att sedan transporteras vidare med tåg (Asmoarp¹).

Enligt Skogsindustriernas vd, Carina Håkansson skulle ett införande av tyngre lastbilar med en bruttovikt på 74 ton kraftigt kunna minska transportkostnaderna och även minska utsläppen (Dagens Industri, 2015). Vidare menar hon att Sverige har ett behov av tyngre lastbilar för att fortsatt kunna vara konkurrenskraftiga mot framförallt Finland. Finland, som är en av svensk skogsindustris största konkurrenter (Dagens Industri, 2015) införde lastbilar med en bruttovikt på 76 ton i oktober 2013 (TransportForsk AB, 2014). Bergström² menar istället att tyngre fordon skulle innebära negativa effekter på miljön. Detta eftersom längre och tyngre fordon skulle göra det billigare och lättare att transportera gods på vanlig väg, vilket skulle utgöra ett hot mot järnvägssystemet. Tyngre och längre lastbilar riskerar då att på lång sikt slå ut all transport som sker via järnväg, något som skulle leda till att de totala koldioxidutsläppen ökar (Bergström²).

¹ Victor Asmoarp forskare Skogforsk, intervju den 4 februari 2015.

² Stina Bergström riksdagsledamot Miljöpartiet, mailkorrespondens den 30 januari 2015.

1.2 Begrepp

Tabell 1 ger en övergripande förklaring och förtydligande över de begrepp som används i studien. De baseras till stor del på Skogsencyklopedin (2015).

Tabell 1. Begreppslista för förståelse av rapporten

Begrepp	Förklaring
Avlägg	Uppsamlingsplats för rundvirke vid bilväg (Skogsencyklopedin, 2015).
Bruttovikt	Vikt för både ekipage och last (Skogsencyklopedin, 2015).
Bärighetsklass	Hur stor belastning en bro eller en väg i det allmänna vägnätet klarar (Skogsencyklopedin, 2015).
Lastfyllnadsgrad	Den faktiska lastvikten förhållande till den möjliga lastvikten.
Lasskörningsgrad	Andel av total sträcka som körs med full last.
M ³ fub	Avser den verkliga volymen av stammen exklusive bark (Skogsencyklopedin, 2015).
SDC	Skogsnäringsens It-företag (Skogsencyklopedin, 2015).
Transportarbete	Varje godsenhets massa i ton multiplicerat med transportsträckan i kilometer för var och en (Skogsencyklopedin, 2015).
VIOL	SDCs branschgemensamma system gällande virkesredovisning (Skogsencyklopedin, 2015).

1.3 Syfte

Syftet med denna studie är att undersöka om och hur införandet av tyngre lastbilar på 74 ton påverkar andelen timmer- och massavedstransporter som sker med tåg samt hur ett införande skulle påverka totala transportkostnader och koldioxidutsläpp. Resultatet av studien kan även visa på om och hur direktkörningsgränsen flyttas vid ett införande av 74 tons lastbilar.

1.4 Frågeställningar

För att kunna besvara studiens syfte undersöktes följande frågeställningar:

- I. Hur skulle införandet av 74 tons lastbilar påverka andelen transporter som sker med tåg?
- II. Kan införandet av 74 tons lastbilar ge lägre transportkostnader för ett kombinerat tåg- och lastbilssystem än det befintliga systemet med tåg och 60 tons lastbilar?
- III. Kan införandet av 74 tons lastbilar ge lägre koldioxidutsläpp för ett kombinerat tåg- och lastbilssystem än det befintliga systemet med tåg och 60 tons lastbilar?

1.5 Tidigare forskning inom området

Björheden & Eriksson skapade 1989 en optimeringsmodell vars syfte var att minimera transportkostnaden av biobränsle till industrin. Detta gjordes genom att undersöka hur transporter, lagring och upparbetning av materialet kan påverkas av energiinnehållet för de olika sortimenten. Denna modell löses sedan med hjälp av linjärprogrammering. Carlsson & Rönnqvist (1998) gjorde en studie vars syfte var att genom taktiskt planering kunna effektivisera transporten av skogsråvara, när hänsyn till returtransporter tas. Studien genomfördes för två fall, det ena representerade "det klassiska transportproblemet" medan det andra tog hänsyn till returtransporter. De två modellerna jämfördes sedan med manuell hantering av den taktiska planeringen. Resultatet blev att modellen "det klassiska problemet" gav bättre lösningar än manuell hantering. Effekten avförbättringen beräknades vara mellan 5,1 % - 6,8 %. Den stora frågan hos Carlsson & Rönnqvist (1998) blev sedan: vem ska vara ansvarig för planering av systemet med returtransporter när systemet inkluderar flera parter?

Örtendahl (2001) presenterade och utvecklade en optimeringsmodell för operativ flödesplanering av massaved. Även här löstes beräkningarna med hjälp av linjärprogrammering denna gång med resultatoptimering till skillnad från kostnadsminimering. Genom denna modell fann Örtendahl att längre och färre optimeringsperioder gav en ökad potentiell vinst. Vidare gjorde Bergdahl (2002) en studie med syfte att optimera flödet för timmertransporter. Studien gjordes genom att undersöka olika faktorerers betydelse för kostnadsbesparingar. Resultatet av studien visade att potential för kostnadsbesparingar fanns och att det kunde uppgå till 5,3 % men att den potentialen sedan varierar med säsong.

Andersson och Frisk (2013b) genomförde en studie på skogsbrukets transporter och vad som skulle ske med den totala körsträckan om konventionella 60 tons lastbilar byttes ut mot 74 tons lastbilar. Denna studie gjordes med syfte att analysera rundvirkes- och skogsbränsletransporter som skedde i Sverige under 2010. Resultatet av denna studie visade att om den konventionella fordonsflottan på 60 ton lastbilar ersattes med 74 tons lastbilar kunde en reduktion av den totala körsträckan göras med 20-23 %. Vidare visar Andersson och Frisk (2013a) att fordon med en bruttovikt på mellan 74 och 90 ton skulle kunna sänka utsläppen med 10-15 % mot den befintliga fordonsflottan med en bruttovikt på 60 ton. I en studie om tyngre fordon på 90 respektive 74 ton gjord av Löfroth och Svensson (2012) blev resultatet att 90 tons lastbilar har möjlighet att minska utsläppen med drygt 20 % samt sänka transportkostnaderna upp till 20 %. Resultatet för 74 tons lastbilar visar på en möjlig minskning av utsläppen med 8 % och indikerar på en sänkning av transportkostnaderna med 5 till 10 % (Löfroth & Svensson, 2012).

1.7 Avgränsningar

Det geografiska området som studerades i denna studie begränsades till Norrland. Detta gör att analysen bara tar hänsyn till lastbils- och tågtransporter av timmer och massaved som sker i Norrland och inte för transporter som sker över gränsen, d.v.s. till eller från Svealand och Götaland. Eftersom studien är gjord med hjälp av matematisk modellering har förenklingar av verkligheten gjorts. Detta leder till att urval och avvägningar har gjorts för att kunna få en god lösbarhet på modellen. Vidare har studien inte tagit hänsyn till de dynamiska effekterna som tyngre lastbilar kan ha på tågtransporter, d.v.s. att tyngre lastbilar kan ha ett större upptagningsområde vilket kan gynna järnvägen. Denna studie har även avgränsats till att inte upprätta några känslighetsanalyser för ändringar i kostnadsfunktionerna eller i utsläppsvärdena.

1.8 Värd företag - Skogforsk

Skogforsk är ett forskningsinstitut som ska representera det svenska skogsbruket och tillföra kunskaper, produkter och tjänster. Något som ska bidra till att det svenska skogsbruket ska kunna bli lönsammare, mer hållbart samt kunna säkerställa viktiga samhällsmål (Skogforsk, 2015d). Genom att skapa en relation till skogsbruket vill Skogforsk skapa förutsättningar för att ny kunskap ska kunna tillämpas i det praktiska skogsbruket. Tanken är att forskningen ska bedrivas på ett sätt som omfattar hela skogsbrukets värdekedja, ner på ett mikroskopiskt pollen hela vägen till industrin. Skogforsk har ett hundratal intressenter och bland dessa återfinns bland annat privata och statliga skogsbolag, skogsägarrörelser och skogsägande företag och organisationer (Skogforsk, 2015d). Skogforsk har drygt 100 anställda, varav 65 arbetar som forskare. Institutet finns på tre orter, Uppsala, Ekebo och Sävar (Skogforsk, 2015a). Skogforsk är organiserat i två forskningsområden som innefattar sex forskningsprogram samt två forskningsstationer. Skogforsk har även avdelningar för kommunikation, it och ekonomi (Skogforsk, 2015c).

Skogforsk finansieras genom skogsnäringen och staten. Drygt 40 % av omsättningen kommer från ett ramavtal som förhandlas fram mellan skogsnäringen och staten. Dessa parter betalar sedan hälften vardera för den forskning som sker inom avtalet. Resterande 60 % av omsättningen kommer från uppdrag, fondanslag, särskilda intressentanslag samt kommunikationsintäker (Skogforsk, 2015b).

2. Ekonomin för virkestransporter

I detta kapitel presenteras och förklaras det teoretiska ramverk som används för att kunna besvara och lösa de forskningsfrågor som tidigare presenterats. Kapitlet behandlar transportplanering, uppkomsten av transportkostnader samt teori rörande koldioxidutsläpp.

2.1 Transportplanering

Logistik handlar om att förflytta material och människor på rätt sätt. Detta sker genom att styra rätt artikel eller individ, i rätt skick, till rätt plats, vid rätt tidpunkt och till lägsta möjliga kostnad (Lumsden, 2006). För att uppnå den lägsta kostnaden krävs det planering, organisering, och styrning av valda aktiviteter inom flödet (Lumsden, 2006). Logistik kan nämnas som läran om effektiva materialflöden och begreppet omfattar både strategiska och operativa aspekter. Inom de strategiska aspekterna gäller det att hjälpa företaget att utifrån ett materialorienterat synsätt kunna uppnå en hög grad av yttre effektivitet, vilket handlar om *att göra rätt saker*. De operativa aspekterna handlar om att kunna hålla en hög grad av inre effektivitet, det vill säga, *att göra saker rätt* (Lumsden, 2006).

Skogsbruket är präglad av en komplex och svårhanterlig logistik. Detta beror på att stora volymer ska transporteras under begränsade tider och med olika restriktioner att ta hänsyn till, som sortiment och mottagningsplats (Lyngfelt³). Något som leder till att det finns ett stort behov av att kunna planera transporterna i flödena rätt. Enligt Lumsden (2006) sker den idealiska transporten med gods direkt, det vill säga i denna studie, ”från avlägg-till industri”. Det är dock inte alltid det finns möjlighet att tillämpa dessa leveranser. Problem kan uppstå eftersom transportmedlet sällan är optimalt anpassad för den valda vikt eller volym som ska transporteras. För att kunna undgå detta problem som uppstår vid direkttransporter använder man sig av en eller flera terminaler i flödet. Genom terminalen kan gods samlas in från en relativt liten omgivning, något som sker med hjälp av lastbil, och samlas sedan upp för att kunna samlas och fraktas med transporter som är större och bättre anpassade för längre transporter, exempelvis tåg (Lumsden, 2006). Transporten går sedan vidare till den slutgiltiga mottagaren eller en annan terminal där godset kan delas upp och distribueras vidare med lastbil till de valda mottagarna. Vid tågtransportens slut finns det även fall där tågets slutdestination består av hamn och där fartyg tar över transporten för inrikes och utrikes transporter (Lumsden, 2006).

Enligt Dykstra (1984) är ”det klassiska transportproblemet” en modell för att kunna ta fram lägsta möjliga kostnad för transport av gods från olika källor till flera mottagare och löses med hjälp av linjärprogrammering. Ett linjärprogrammeringsproblem är ett optimeringsproblem där målfunktionen och samtliga bivillkor består av linjära funktioner. Syftet med problemet är att funktionen ska lösa en målmaximering eller en målminimering (Lundgren, et al., 2008). Det klassiska transportproblemet går att beskriva som ett optimeringsproblem uppbyggt i ett nätverk som representeras av noder och bågar. Där noder representerar platser där det uppstår utbud eller efterfråga och bågar beskriver möjliga transportvägar eller distributionsmöjligheter. Givet det data som analyserats syns varje nods efterfråga respektive tillgång (Lundgren, et al., 2008). Nedan följer en egen bearbetning av målfunktionen och bivillkoren i Dykstras (1984) klassiska transportproblem:

³ Björn Lyngfelt informationschef SCA, föreläsning den 26 november 2014.

Målfunktion

$$\text{Min} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J X_{ij} C_{ij}$$

Målfunktionen i det klassiska transportproblemet beskriver den totala transportkostnaden för transport av varje volym från tillgångsnoden i till efterfrågenoden j . Transporterna sker utan kapacitetsbegränsningar och det totala utbudet är lika med den totala efterfrågan.

Bivillkor

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = S_i, \quad i = 1, \dots, I$$
$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = D_j, \quad j = 1, \dots, J$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ för alla } i \text{ och } j$$

X_{ij} = Leverans av volymen X från tillgångsnod i till efterfrågenod j .

C_{ij} = Transportkostnad från tillgångsnod i till efterfrågenod j .

S_i = Tillgång vid tillgångsnod i .

D_j = Efterfrågan vid efterfrågenod j .

Det finns många aspekter som kan göra att ett transportproblem kan bli svårt att lösa optimalt i verkligheten. Exempelvis lägger olika kunder olika vikt på kriterier som kostnader, tillförlitlighet och tid vid sin beställning vilket gör det viktigt att kunna precisera den leverans som efterfrågas av varje specifik kund något som leder till att företagets optimala lösning inte alltid densamma som kundens (Lumsden, 2006). Detta gör att Dykstras klassiska transportproblem blir mer komplext i verkligheten och fler variabler måste således tas med i beräkningarna för att kunna få en lösning som passar utifrån olika förutsättningar. För att kunna få olika transportflöden att fungera korrekt och säkerställa att kunders behov tillfredsställs behövs olika former av samordning och struktur i transportplanering (Chopra & Meindl, 2013). Enligt Chopra & Meindl (2013) har transporten stor påverkan på responsivitet och effektivitet inom en försörjningskedja. Responsiva transporter innebär att leveranser, i största möjliga mån, sker i den omfattningen kunden efterfrågar medan effektiva transporter istället sker på ett kostnadseffektivt sätt. Kostnadseffektiva transporter ger ofta sämre responsivitet och vice versa. Det är därför av betydande vikt att planera och strukturera sina leveranser så att både kundens och företagets behov tas in vid planeringen.

Vidare utsätts nästan alla företag för olika störningar från omvärlden, vilka kan vara svåra att parera. Detta kan vara störningar som orsakas av klimathändelser, den mänskliga faktorn eller sjukdomar (Lumsden, 2006). Eftersom många avlägg nås genom sträckor på känsliga skogsbilvägar kan dessa drabbas hårt av väderomställningar som regn, tjällossningar och andra besvärliga förhållanden (Löfroth, et al., 2014). Att planera för situationer som beror på den mänskliga faktorn eller sjukdomar är något som är svårt att förbereda sig på eftersom det sällan finns några indikationer på att något ska hända (Lumsden, 2006). Men trots svårigheten

att parera olika störningar är det viktigt att företag är flexibla och snabbt kan anpassa sig till de rådande förutsättningarna. På grund av de olika störningarna uppkommer nya kostnader som inte beräknas och tagits med i den optimala lösningen för transporten, vilket gör att företagets optimalt möjliga resultat inte blir utfallet i verkligheten (Lumsden, 2006).

2.2 Transportkostnader

Kostnader brukar delas upp i rörliga och fasta kostnader. Rörliga kostnader ändras utifrån ändrade förhållande, det vill säga utifrån hur verksamhetsvolymen ändras medan fasta kostnader inte ändras utifrån hur verksamhetsvolymen ändras (Andersson, 2013c). Nedan presenteras de olika typer av kostnader som behandlas i denna studie:

- **Proportionellt rörliga kostnader:** De kostnader som minskar respektive ökar i den takt som verksamhetsvolymen minskar respektive ökar. När verksamhetsvolymen förändras blir kostnaden per enhet oförändrad.
- **Driftbetingade fasta kostnader:** De kostnader som uppstår när verksamheten är aktiv och påverkas inte av volymförändringar. Dessa kostnader uppkommer inte när verksamheten står stilla. Exempel på detta kan vara belysning i lokaler.

Kostnaden för transporter är kopplade till den fysiska förflyttningen och de funktioner som behövs användas. Dessa kostnader utgörs av den faktiska användningen av egna transportmedel eller av olika fraktkostnader som till exempel hamnar eller transporttjänster från andra företag. (Lumsden, 2006). Vanligen delas dessa kostnadsfunktioner upp i fyra undergrupper (Lumsden, 2006):

- Förflyttning
- Lossning
- Lastning
- Omlastning

För att kunna få material och gods att förflyttas i ett fungerande flöde måste ett nätverk bestående av fordon och terminaler skapas, vilket kräver investeringar och medför till att transportsättet belastas med fasta kostnader. Detta leder till att kostnader för transporter på korta avstånd ofta blir höga per kilometer för att sedan sjunka i takt med att avståndet ökar. Konsekvensen blir att järnvägstransporter som har en hög andel fasta kostnader blir ekonomisk omöjliga vid korta distanser (Lumsden, 2006). Rent generellt har spårbundna transporter normalt större andel fasta kostnader än vägbundna transporter, vilket gör att kostnader per distansenheter avtar i takt med att transportavståndet ökar (Lumsden, 2006).

Man skiljer vanligen på de kostnader som uppkommer vid terminal (*terminalkostnader*) och de som uppstår i förbindelsen (*undervägs-kostnader*). Terminalkostnader består av kostnader för transport mellan startpunkter och ändpunkter medan undervägs-kostnader består av de kostnader som uppkommer vid förflyttningen av godset. Förhållandet mellan dessa två är av stor betydelse för de olika transportmedlens konkurrenskraft vid olika avstånd (Lumsden, 2006). Allmänt gäller att transporter med låga terminalkostnader och höga undervägs-kostnader, som landvägstransporter, blir konkurrenskraftiga på korta avstånd. Transporter med högra terminalkostnader och låga undervägs-kostnader, som järnvägstransporter, blir konkurrenskraftiga på längre avstånd (Lumsden, 2006). Det finns dock fler faktorer som spelar in angående hur den totala transportkostnaden per fraktad mängd gods utvecklas.

2.3 Transportmedlens miljöpåverkan

Transporter påverkar miljön genom att släppa ut olika föroreningar till luft, mark och vatten. Utsläppen till luften är de utsläpp som dominerar de totala utsläppen av olika föroreningar (Lumsden, 2006). Det finns ett flertal gaser som påverkar växthuseffekten, men den vanligast benämnda gasen för att beräkna utsläpp är koldioxid (Gode, et al., 2011). Utsläpp av koldioxid kan delas in i två kategorier, fossilt respektive biogent. Fossil koldioxid bidrar till att nettot av halten koldioxid i atmosfären ökar eftersom fossilt lagrat kol tillförs i atmosfären. Biogen koldioxid däremot är en del av kolets naturliga kretslopp, vilket kan tas upp och bindas in i skogar och annan växlighet och som sedan avges vid förbränning eller förmultning. Något som då inte bidrar till en nettoökning av koldioxiden i atmosfären (Gode, et al., 2011).

De förhållande och egenskaper som påverkar utsläppsnivåerna och energianvändningen för transporter är främst bränsleförbrukningen, bränsletyp, vägförhållande och transportens storlek och vikt (NTM, 2015). Vidare spelar även transporternas förutsättningar in för hur utsläppsnivåerna och energianvändningen blir. Dessa förutsättningar omfattar transportarbete, transportens lastfyllnadsgrad och lasskörningsgrad. Utsläppen beräknas i form av gram per liter bränsle som används och räknas i denna studie om till gram per tonkilometer. Detta för att kunna visa utsläppen för den totalt transporterade kvantiteten i respektive scenario (NTM, 2015). De olika förutsättningarna nämnda ovan är det som utgör studiens utsläppsberäkningar.

2.4 Teorins tillämpning

Ramverket som har presenteras lägger en grund för att studien ska kunna besvara studiens syfte samt frågeställningar. Transportplanering ger förståelse för vilka aspekter som är viktiga att ta hänsyn till samt ge en övergripande bild över hur ett optimalt resultat kan uppnås och vad som gör att det optimala är svårt att uppnå i verkligheten. Avsnittet om transportkostnader lägger grund för förståelse för hur transportkostnader uppstår och hur de påverkas av den transporterade volymen. Detta ger en förståelse om komplexiteten som finns vid transportarbete och vad den kostnaden som används i beräkningarna baseras på. De ovannämnda tillämpningarna är direkt kopplade till att kunna besvara frågeställningarna rörande hur tågtransporter påverkas när det finns tillgång till 74 tons lastbilar samt hur de totala transportkostnaderna påverkas. Vidare ger avsnittet om utsläpp hjälp och förståelse för hur utsläpp beräknas och vad som räknas som skadligt utsläpp. Avsnittet ger således hjälp för att kunna besvara frågeställningen rörande hur koldioxidutsläpp skulle påverkas vid ett införande av 74 tons lastbilar.

3. Metod

Detta kapitel syftar till att ge läsaren förståelse över studiens tillvägagångssätt, hur den utförts samt hur urval och gruppering har skett. Kapitlet innehåller vald forskningsmetodik, hur datainsamlingen är gjord, bearbetning och analys, de olika beräkningarnas uppkomst samt studiens etiska förhållningssätt.

3.1 En deduktiv fallstudie

Studien tillämpade en deduktiv strategi som utgår från att man innan studien uppställer vissa förväntningar för hur omvärlden ser ut och hur de tänkta problemen fungerar (Jacobsen, 2007). Den deduktiva strategin innebär att empirin kan visa på om de antagande som gjorts stämmer in med det verkliga förloppet. Ett alternativ är en induktiv strategi där man börjar med att samla in information utan att ha några förutbestämda förväntningar, för att sedan systematisera datamaterialet för att kunna se hur verkligheten ser ut (Jacobsen, 2007). En deduktiv strategi tillämpades för att den bäst svarar på forskningsfrågorna och en induktiv datainsamling skulle ge ett orimligt tidsbehov.

Vidare bedömdes att det var passande att studien baserades på en fallstudie eftersom denna metod innebär att man försöker förstå ett förlopp med olika fall vid olika tidpunkter (Ejvegård, 2009). Svårigheten är dock att ett ensamt fall bara kan representera det valda fallet och inte generellt för andra fall och detta bör finnas i åtanke när slutsatser av studien analyseras. Fallstudier kan visserligen ge antydningar och ge värde när flera olika indicier pekar åt samma håll (Ejvegård, 2009). Enligt (Ejvegård, 2009) är det viktigt att studien har en hög reliabilitet samt att studien är av hög validitet. Målet med hög reliabilitet är att en annan person ska kunna genomföra samma sorts studie, utifrån samma förutsättningar, och uppnå samma resultat. Reliabilitet handlar alltså om hur pålitlig studien är (Ejvegård, 2009). Medan en hög grad av validitet återspeglar att studien lyckas analysera det som har varit tänkt att analyserats och syftar till att visa att rätt sak har använts vid rätt tillfälle (Ejvegård, 2009). För att kunna stärka studiens reliabilitet och validitet har jag gjort testkörningar på optimeringarna för att kunna justera och rätta till saker som inte varit fullständiga. Genom detta kunde jag säkerhetsställa att det var rätt saker som gjordes i de senare optimeringarna samt att en annan person skulle kunna använda sig av samma modell för att få samma resultat.

3.2 Kvantitativ metod och kvalitativ metod

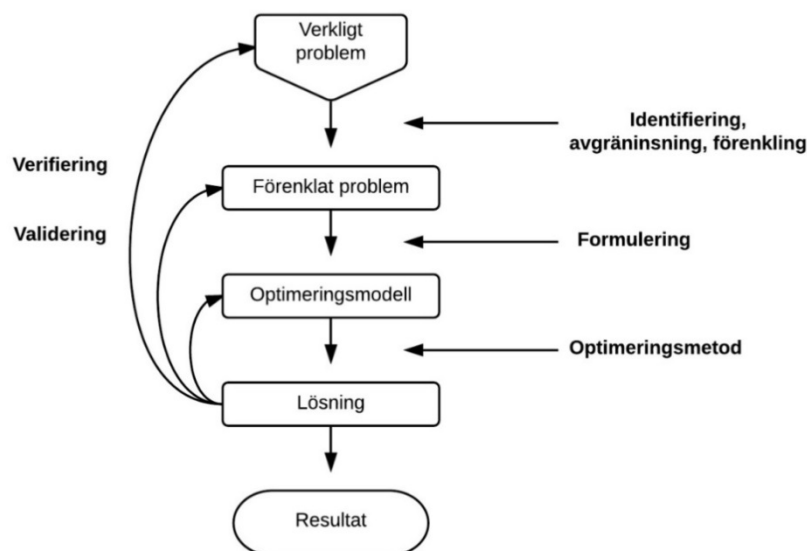
Att använda sig av en kvantitativ metod lämpar sig bäst vid analys av transporter, logistikkostnader och utsläpp än vad en kvalitativ metod gör eftersom dessa dimensioner kan mätas och jämföras kvantitativt (Holme & Solvang, 1991). En kvalitativ metod passar istället bättre när analysen behandlar lågt strukturerad data som fås vid exempelvis öppna enkäter och intervjuer (Holme & Solvang, 1991). Studiens upplägg baseras huvudsakligen på förutsättningarna tillsammans med det teoretiska ramverket. Syftet är således att kunna mäta samma egenskaper i alla objekt för att kunna besvara de valda frågeställningarna (Holme & Solvang, 1991).

Vid användandet av en kvantitativ metod finns det enligt Holme och Solvang (1991) vanligtvis fyra olika steg i undersökningsfasen. Steg ett handlar om hur definitionen av problemet ska framställas. Det är även i detta steg som frågor med involverade parter tas upp för att kunna få tillgång till relevant information och vad värdet av studien är. Detta gjordes vid ett möte med insatta personer på Skogforsk i ett tidigt skede av studien. Steg två handlar om att efter kritiskt sökande finna och välja relevant litteratur som kan användas i studien.

Vid steg tre kontrolleras förutsättningar för att kunna mäta de redan definierade problemen. En kvantitativ metod kräver att resultaten ska vara mätbara och om det finns misstankar om att resultatet kan bli svåra att mäta kan frågeställningarna behöva omarbetas. Något som var fallet i början av studien då frågeställningarna innehöll otydligheter på vad som skulle mätas och möjlighet till feltolkning om vad som menades med de exakta formuleringarna. Det fjärde och avslutande steget handlar om studiens struktur och upplägg. Något som med hjälp av frågeställningar och förutsättningar styr studiens gång i interaktion med det teoretiska ramverket. Vidare byggs studien upp i en logisk struktur där man strävar efter undersöka och mäta samma egenskaper på de valda objekten för att kunna förklara problemet.

3.3 Optimeringslära och dess process

Optimeringar används för att beskriva och analysera tekniska och ekonomiska beslutsproblem med syfte att få insikter om olika lösningar till den valda problemställningen. För att kunna använda sig av olika optimeringsmodeller måste det finnas något i problemställningen som kan varieras, det vill säga, att kunna definiera problemets variabler. Att optimera är sedan att bestämma bästa möjliga värde på variablerna givet det mål som valts. Målet uttrycks sedan av en målfunktion som beror på de valda variablerna och som sedan maximeras eller minimeras. De begränsningar som finns i valet av värden på variabler bestäms av olika bivillkor. Vid användning av olika optimeringsmodeller menas att dessa ska tillämpas enligt en speciell metodik som ofta benämns som optimeringsprocess, där flera olika moment inkluderas (se Figur 1). Givet den verkliga problemställningen handlar det först och främst om att identifiera optimeringsproblemet. För att sedan gå vidare och formulera detta genom att beskriva problemet matematiskt i form av optimeringsproblemet. Därefter löses problemet med hjälp av en optimeringsmetod. För att slutligen kunna utvärdera modellen och resultatet (Lundgren, et al., 2008).



Figur 1, Optimeringsprocessen, (egen bearbetning utifrån Lundgren, m.fl., 2008).

Det *verkliga problemet* representerar den problemställning som ska analyseras och är ett problem som ofta är mycket komplext sammansatt. Det hör till vanligheten att det förekommer faktorer som av olika skäl inte kan inkluderas i en optimeringsmodell, det gäller därför att kunna identifiera vad som är relevant att inkludera. Inom detta moment behöver man även bedöma om problemställningen lämpar sig för att analysera med en optimeringsmodell eller om det finns alternativa eller kompletterande angreppssätt. För att använda

optimeringsmodeller är det en förutsättning att de relevanta aspekterna i problemställningen kan kvantifieras. Resultatet av momenten övergår till det som anges som *förenklat problem*. Det *förenklade problemet* kan sedan beskrivas och formuleras som en *optimeringsmodell*, vilket sker i form av variabler, målfunktion och bivillkor. Som i tidigare moment kan det även här vara aktuellt att göra förenklingar och det gäller att formulera en modell som ger en rimlig beskrivning av problemet men som samtidigt klarar av att ge en god lösbarhet. Både strukturen och storleken på modellen påverkar lösbarheten. I processen måste vidare en optimeringsmetod appliceras för att kunna lösa modellen. Den *lösning* som framkommer från modellen måste slutligen utvärderas och omsättas till ett underlag för beslut. Ett moment som kräver verifiering för att se att lösningen är korrekt utifrån den modell som formulerats samt kräver validering av modellen som representerar problemen som analyserats. När utvärderingen är slutförd har ett *resultat* från optimeringsprocessen färdigställts (Lundgren, et al., 2008).

3.4 FlowOpt

FlowOpt är ett verktyg som används för att optimera flödesplaneringen av rundvirke och sker genom linjärprogrammering (Forsberg et al., 2005). Resultatet kan sedan fungera som beslutsstöd åt skogsföretag för att hitta effektivare transportlösningar som ger de absolut lägsta kostnaderna. Verktöget har utvecklats för att förenkla och förbättra planering och analys av virkesflöden. FlowOpt kan användas för flera olika nivåer, från försörjning av ett enstaka sågverk upp till landsomfattande industrikoncerner. Planeringen kan ske utifrån enstaka månader eller upp till hela år och sker således på strategiska och taktiska planeringshorisonter (Forsberg et al., 2005). Nedan följer de områden som FlowOpt vanligen behandlar (Forsberg et al., 2005):

Destinering: Är den mest grundläggande användningen av verktyget. Här ska analysen ge svar på vilka virkestillgångar som ska levereras till vilken industri för att den totala transportkostnaden ska kunna minimeras.

Returflöden: Genom returflöden kan de totala transportkostnaderna minskas. Med hjälp av FlowOpt ges möjlighet att hitta de bästa returflödena och identifiera de områden och mottagare som har störst potential för returflöden.

Lastbil, båt och järnväg: Inom detta användningsområde kan beräkningar göras för att optimera transportlösningen i komplexa transportsystem som inkluderar lastbil, båt och järnväg. Lösningen kan ge svar på vilka terminallösningar som ger den längsta kostnaden samt hur stor järnvägskapacitet som är lämpligt att ha på respektive sträcka.

Virkesbytet: Genom att analysera virkesbytet går det att beräkna samordningsvinster av att transportera virke till närmaste mottagare, oavsett ägare. Denna analys kan sedan användas för olika parter ska kunna föra diskussioner om hur och om virkesbyten ska ske.

3.5 Problemlösning

3.5.1 Optimeringsmodellen

FlowOpt användes som optimeringsverktyg och problemen ställdes upp som ett linjärprogrammeringsproblem med hjälp av modelleringsspråket AMPL. AMPL är ett modelleringsspråk som kan formulera optimeringsproblem genom att använda naturliga begrepp som exempelvis summor och mängder (Lundgren, et al., 2008). För att kunna lösa optimeringsproblemet behöver sedan en extern lösningsmetod användas, en så kallad *lösare*. Här valdes programvaran cplex att användas, vilket är en lösare som arbetar genom

simplexmetod. Denna metod är den vanligaste och mest använda algoritmen för att lösa linjärprogrammeringsproblem på den kommersiella marknaden (IBM, 2015). Modellen som användes bestod av 14807784 variabler och 327929 bivillkor som symboliserar transportflödets förutsättningar. Målet med optimeringen var att minimera transportkostnaden.

3.5.2 Valda scenarier

Optimeringen har gjorts utifrån tre olika scenarier. Dessa scenarier ändrar de förutsättningar som modellen kan arbeta utifrån och syftar till att ge en bild över hur transporterna väljs utifrån de olika förutsättningar som finns och hur transportkostnaderna påverkas. De parametrar som skiljer de olika scenarierna emellan är valet av fordonstyp och transportkostnaden för vald fordonstyp. Nedan följer de tre valda scenarierna.

- *Scenario I* valdes som ett scenario som enbart skulle innehålla lastbilar med en bruttovikt upp till 60 ton och de möjliga järnvägs kombinationerna. Detta scenario användes för att återspegla hur transporterna sker utifrån de förutsättningar som var när analysen gjordes samt var förutsättningarna 2012, det år som datan är ifrån.
- *Scenario II* är ett scenario där det både finns tillgång till lastbilar med en bruttovikt på 60 ton och 74 ton samt de möjliga järnvägs kombinationerna. Modellen kunde fritt välja vilken fordonstyp som skulle användas vid respektive vägtransport och baserades på lägsta möjliga transportkostnad samt sträckans bärighetsklass.
- *Scenario III* är ett scenario där tanken var att enbart använda 74 tons lastbilar samt de möjliga järnvägs kombinationerna. Men eftersom vissa avlägg inte går att nå via BK1-vägar behövdes 60 tons lastbilar användas för att tillfredsställa efterfrågan hos alla mottagare. För att scenario III till största möjliga mån skulle bestå av 74 tons lastbilar sattes en straffavgift på användningen av 60 tons lastbilar, vilket gjorde att detta alternativ endast valdes om det var nödvändigt för att få ut virket. Tanken med scenario III var försöka spegla hur transportflöden skulle se utom hela lastbilsflottan på 60 ton byttes ut mot 74 tons lastbilar och om detta vore möjligt utifrån vägnätets bärighetsklasser. Valet av transport baserades på lägsta möjliga transportkostnad samt sträckans bärighetsklass.

3.5.3 Bearbetning av det klassiska transportproblemet

För att få det klassiska transportproblemet att passa FlowOpt och denna studie har formler och uttryck omarbetats. Transportproblemet i studien består av att minimera kostnaderna för transporter från 41618 avlägg med en sammanlagd kvantitet på drygt 5,82 miljoner m³ fub som skulle fördelas ut över 417 olika efterfrågevariabler som var fördelat på 12 månader och hos 30 olika industrier. Transporterna fördelades över 12 tidsperioder och fördelningen baserades på när efterfrågan uppstod. De 12 tidsperioderna motsvarar således transporter för ett år. Nedan följer en förteckning över index, beslutsvariabler, parametrar, målfunktion samt bivillkor som användes i modellen.

Index:

i = 1...41618 Avlägg

j = 1...30 Industri

t = 1...12 Tidsperiod

m = 1...21 Terminal

$h = 1 \dots 5$ Sortiment

$k = 1 \dots 2$ Fordonstyp

Avlägg (i): Symboliserar de olika utbuden i studien.

Industri (j): Symboliserar antalet industrier som efterfrågat olika sortiment.

Tidsperiod (t): Symboliserar antalet tidsperioder som studien har behandlat och motsvarar således transporter för ett år.

Terminal (m): Symboliserar antalet terminaler som funnits tillgängliga i studien.

Sortiment (h): Symboliserar sortimenten talltimmer, grantimmer, barrmassaved, granmassaved samt lövmassaved.

Fordonstyp (k): Symboliserar 60 och 74 tons lastbilar.

Beslutsvariabler:

x_{ijthk}^A = Volym (m^3 fub) från avlägg i till industri j för alla perioder t och för alla sortiment h med fordonstyp k .

x_{imthk}^A = Volym (m^3 fub) från avlägg i till terminal m för alla perioder t och för alla sortiment h med fordonstyp k .

x_{mjk}^A = Volym (m^3 fub) från terminal m till industri j för alla perioder t och alla sortiment h med fordonstyp k .

$x_{m\bar{m}th}^T$ = Volym (m^3 fub) från terminal m till terminal \bar{m} för alla perioder t och alla sortiment h med tågtransport.

l_{ith}^I = Utgående lagervolym för utbud i för alla perioder t och alla sortiment h .

l_{mth}^M = Utgående lagervolym för terminal m för alla perioder t och alla sortiment h .

Parametrar:

S_{ith} = Tillkommande utbud vid avlägg i för alla perioder t och sortiment h .

D_{jth} = Efterfrågan D vid industri j för alla perioder t och alla sortiment h .

C_{ijk} = Transportkostnad (kr/ m^3 fub) C från avlägg i till industri j med fordonstyp k .

C_{imk} = Transportkostnad (kr/ m^3 fub) C från avlägg i till terminal m med fordonstyp k .

C_{mjk} = Transportkostnad (kr/ m^3 fub) C från terminal m till industri j med fordonstyp k .

$C_{m\bar{m}}$ = Transportkostnad (kr/ m^3 fub) C från terminal m till terminal \bar{m} .

Målfunktion

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K x_{ijthk}^A C_{ijk} &+ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K x_{imthk}^A C_{imk} \\ &+ \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K x_{mjthk}^A C_{mjk} + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M \sum_{\bar{m}=1}^M \sum_{h=1}^H x_{m\bar{m}th}^T C_{m\bar{m}} \end{aligned}$$

Modellen är uppställd med en målfunktion med syfte att minimera de totala transportkostnaderna för försörjningskedjan. Första termen står för transportkostnaden med lastbil från avlägg till industri, den andra termen är från avlägg till terminal, den tredje termen är från terminal till industri och den fjärde termen är kostnaden för tågflöden från terminal till terminal. Modellen bestämmer således vilka sortiment och volymer som ska transporteras när och vart, med vilket transportslag samt vilka terminaler som ska användas.

Bivillkor:

$$\begin{aligned} S_{ith} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J x_{ijthk}^A - \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M x_{imthk}^A - l_{ith}^I - l_{it-1h}^I &= 0 \quad \forall i = 1 \dots I, t = 1 \dots 12, h \\ &= 1 \dots 5 \quad (1) \end{aligned}$$

- (1) Bivillkor 1 motsvarar utgående och ingående lagervolymer och är lika med volym från avlägg i till industri j och volym från avlägg i till terminal m . Något som gäller för alla sortiment h och alla tidsperioder t

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K x_{ijthk}^A + \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K x_{mjthk}^A = D_{jth} \quad \forall j = 1 \dots J, t = 1 \dots 12, h = 1 \dots 5 \quad (2)$$

- (2) Bivillkor 2 motsvarar efterfrågan och är lika med volym från avlägg i till industri j och volym från terminal m till industri j . Något som gäller för alla sortiment h och alla tidsperioder t

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I x_{imthk}^A + \sum_{\bar{m}=1}^{\bar{M}} x_{m\bar{m}th}^T - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J x_{mjthk}^A - \sum_{m=1}^M x_{m\bar{m}th}^T + l_{mt-1h}^M - l_{mth}^M &= 0 \quad \forall m \\ &= 1 \dots M, t = 1 \dots 12, h = 1 \dots 5 \quad (3) \end{aligned}$$

- (3) Bivillkor 3 motsvarar utgående och ingående lagervolymer och är lika med volym från avlägg i till terminal m och volym från terminal m till terminal \bar{m} . Något som gäller för alla sortiment h och alla tidsperioder t

3.5.4 Utsläppsberäkningar

För att beräkna de olika transporternas utsläpp har ett flertal ingångsvärden använts. Bränsleförbrukningen för 60 tons lastbilar har satts till 0,58 liter svensk diesel (5 % Fame) per kilometer (Brunberg, et al., 2009) medan bränsleförbrukningen för 74 tons lastbilar har satts

till 0,6496 liter svensk diesel (5 % Fame) per kilometer. Bränsleförbrukningen för 74 tons lastbilar baseras på en sammanvägning av studier gjorda av Brunberg, et al., (2009), Löfroth & Svensson (2012) och Asmoarp, et al., (2013). Båda lastbilstransporterna använder sig av motorklassen Euro 5 som efter EU:s direktiv satt gränser för tillåtna utsläpp (NTM, 2015). De två olika bränsleförbrukningar symboliserar ett genomsnitt för både lastat- och tomt fordon samt lastning och lossning som kan ske. För att beräkna den totala körsträckan, det vill säga lastad sträcka från utgångs- till mottagningsplats plus den körda sträckan utan last behövs avståndet från utbudet till mottagningsplatsen samt en antagen lasskörningsgrad. Lasskörningsgraden symboliserar andel körd sträcka med full last. Lasskörningsgraden i dessa beräkningar har satts till 54 % i enlighet med Andersson & Frisk (2010). Lasskörningsgraden med tåg har däremot satts till 50 % efter samtal med Kihlström⁴. Lastfyllnadsgraden för alla transporter har satts till 100 %. Lastvikt för de olika lastbilstransporterna är satta till 40 ton för lastbilar med maxvikt på 60 ton respektive 50 ton för lastbilar med en lastvikt på 74 ton (Asmoarp, et al., 2013). Lastvikten för tåg är satt till 2200 ton som är uppdelat på två lok och 17 vagnar (Kihlström⁴). Vidare finns det två olika sorters lok som används för transport, antingen lok som drivs på diesel eller lok som drivs med hjälp av elektricitet. I denna studie har enbart lok som framförs med elektricitet används för att beräkna utsläppen eftersom den huvudsakliga transporten av timmer sker med lok som drivs på detta sätt (Kihlström⁴). För att kunna räkna ut de totala utsläppen av koldioxid behöver transportarbetet räknas ut (NTM, 2015). De totala transportarbetet för scenario I motsvarade nästan 929 miljoner tonkilometer, för scenario II drygt 914 miljoner tonkilometer och för scenario III drygt 931 miljoner tonkilometer. Dessa siffror kommer således användas som ingångsvärden för att kunna beräkna koldioxidutsläppen för respektive scenario. I Tabell 2 redovisas de olika utförda transportarbetena för respektive transport.

Tabell 2. De olika transporternas transportarbete

Scenario	Transportarbete i tonkm
I	
Lastbil 60	552058631
Tåg	376077935
Totalt	928136566
II	
Lastbil 60	44465810
Lastbil 74	525816683
Tåg	343971747
Totalt	914254240
III	
Lastbil 60	33802308
Lastbil 74	533332472
Tåg	364057200
Totalt	931191981

För att kunna göra utsläppsberäkningar har Nätverket för Transporter och Miljö (NTM) kalkylverktyg används. NTM är en ideell förening vars syfte är att erbjuda organisationer och företag beräkningar för deras miljöpåverkan för olika transportmedel vid beräkning av gods- och persontransporter (NTM, 2015). För att säkerställa att kalkylverktyget har används på rätt sätt har de beräknade värdena jämförts med miljöfaktaboken vars innehåll sammanfattar aktuella och generella utsläppsfaktorer för olika bränslen och energislag för svensk värme- och elproduktion samt för svensk fordonsdrift (Gode, et al., 2011). Det utsläppsdata som

⁴ Urban Kihlström Rolling stock manager på Hector Rail, telefonsamtal 23 april 2015.

presenteras i boken är baserade på en litteraturgranskning av över 70 individuella studier rörande bränslekedjor och inga nya studier gjordes således i samband med publiceringen (Gode, et al., 2011).

3.6 Insamling och urval av data

För att kunna genomföra denna studie behövdes olika slags bakgrundsdata. I denna studie stod valet mellan att göra en regional analys över olika flöden från skog till mottagare eller att göra en företagsspecifik analys över flödena från skog till mottagare. Valet föll på att göra en företagsspecifik analys baserat på verklig transportdata. Att detta valdes berodde på att kontakt bara behövde tas med det berörda företaget, vilket ansågs vara tidsbesparande. Denna transportdata representerar data över faktiskt utförda transporter från 2012 och är inmätta av VMF för att sedan tas upp via SDCs virkesredovisningssystem VIOL vilket gör att i samband med avverkning levereras information om virket, transportval och mottagare till SDCs databas (SDC, 2015). Efter att det berörda företaget givit sitt godkännande att datan användes med löften om anonymitet i studien kunde sortering, gruppering och urval av data göras. Till en början gjordes en övergripande analys över det datamaterial som fanns att tillgå. Sedan gjordes ett urval och en sammanställningar av datamaterialet enligt 3.6.1.– 3.6.7. nedan:

3.6.1 Industrier

Industrier som hanterade volymer som ansågs vara små i förhållande till den totala kvantiteten valdes bort. Att dessa industrier valdes bort beror på deras påverkan på den totala kvantiteten var marginell. Studien omfattade slutligen 30 industrier som efterfrågade timmer- och massaved.

3.6.2 Sortiment

I den ursprungliga datan fanns många olika sortiment. För att underlätta optimeringen grupperades de ursprungliga sortimenten till fem olika sortiment med hjälp av SDCs VIOL-System. De fem sortimenten som analyserades var talltimmer (TT), grantimmer (GT), barrmassa (BM), granmassa (GM) och lövmassa (LM) (Tabell 3). Efter denna sortering kopplades tall- och grantimmer till respektive mottagare, så kallad destinerings. Barrmassa, granmassa och lövmassa har inte samma behov av kopplingar. Något som beror på att sortimenten inte destinerar på samma sätt och behöver således ingen specifik mottagare. Att tall- och grantimmer behöver destinerar beror på att timret ofta apteras innan leverans. Genom att koppla rätt mottagare till rätt sortiment kan man återspegla det verkliga flödet samtidigt som antalet variabler blir färre. Skulle detta inte gjorts hade kvantiteter hamnat hos fel mottagare vilket skulle kunna hända i modellen eftersom optimeringen baseras på att minimera transportkostnaderna medan det i verkligheten finns andra faktorer som spelar in, exempelvis aptering. Hos mottagare där efterfrågan enbart varit grantimmer men små kvantiteter av talltimmer (och vice versa) även följt med transporterna har de små kvantiteterna valts bort. Anledningen till detta är att dessa kvantiteter inte har någon betydelse för vilket transportmedel som utfört transporten och transporten kommer således att ske utifrån samma förutsättningar. Nedan följer en sortimentsförteckning över hur de tidigare sortimentskoderna sorteras in under nya sortimentsnamn. De tidigare sortimentskoderna symboliserar vad sortimentet består av och hur det är klassat.

Tabell 3. Illustration över hur de tidigare sortimenten sorteras in

TT	GT	GM	BM	LM
0110	0120	1002	1000	1003
0111	0121	1520	1001	1030
0115	0122		1004	
011H	0123		1005	
011M	0125		1008	
011R	012R		100A	
0210	0220		100B	
0410	0320		100G	
2810	0420		100M	
281H	0520		100S	
	0820		100T	
	2820		10M0	

3.6.3 Tidsperiod

Studies baseras på en uppdelning på 12 månader för att symbolisera 2012 års transportflöden. Att just uppdelningen sattes till 12 olika period gjordes för att kunna ge en bra förankring mot verkligheten där det går att se hur de olika leveranserna väljs under varje månad och hur leveranser påverkas av säsongerna. Ett alternativ till att använda 12 perioder skulle kunna vara att gruppera ihop månader till kvartal, vilket inte sågs som ett bra alternativ för att kunna minska antalet variabler. Detta eftersom uppsamlingar av råvara i slutet av kvartalen skulle kunna uppstå, och skulle inte spegla verkligheten på ett bra sätt. Vidare fanns möjlighet att använda sig av transporternas exakta datum istället för månadsvisa transporter, detta alternativ skulle visserligen ge en bra återspeglning av verkligheten men skulle ge många fler variabler än vad fallet med en 12 period gjorde och valdes således bort. För att kunna gruppera ihop olika kvantiteter med respektive sortiment grupperades alla kvantiteter inom en specifik månad ihop. Exempelvis, två leveranser som transporterades från samma avlägg till samma mottagare med datumen 2012-01-02 och 2012-01-15 slogs ihop till 2012-01.

3.6.4 Terminaler

I det ursprungliga datamaterialet var olika terminaler upplagda som mottagare, vilket också är riktigt men i denna studie bedömdes det vara av vikt att kunna avgöra vart leveransen slutligen transporteras för att få en bild över hela den transporterade sträckan. Terminalernas slutgiltiga mottagare meddelades från den berörda organisationen. Denna data visade på vilka möjliga järnvägs kombinationer som fanns för terminaler och industrier. Genom att studera vilken terminal som hade transporter till vilka industrier och vad dessa industrier efterfrågade gick det att utläsa vilka järnvägs kombinationer som var aktuella och möjliga för denna studie. När detta analyserats och angetts till rätt slutmottagare flyttades kvantiteter som tidigare hade en terminal som mottagare över som efterfrågan hos en slutgiltig mottagare. Detta ledde till att transportflödet från avlägg till industri blev fullständigt.

3.6.5 Transportpunkter

För att transportpunkter skulle kunna användas i optimeringsmodellen behövdes koordinater till de olika avläggen, terminaler och industrier. I de flesta fall fanns de rätta koordinaterna tillgängliga i det ursprungliga datamaterialet men i vissa fall var inte koordinaterna fullständiga, vilket gjorde att komplettering behövdes. Ett fåtal transportpunkter togs bort på grund av avsaknad av koordinater. Att få tillgång till de rätta koordinaterna är något som hade varit mycket tidskrävande och att använda transportpunkter utan koordinater skulle inte vara möjligt i optimeringsmodellen.

3.6.6 Kvantitet

Efter de olika urvalen av industrier, avlägg och sortiment gjorts blev den slutgiltiga kvantiteten som skulle transporteras från avlägg till industri drygt 5,82 miljoner m³fub.

3.6.7 Vägnät

Det allmänna vägnätet i Sverige är indelat i tre bärighetsklasser, BK1, BK2 samt BK3 (Transportstyrelsen, 2014). 95 % av det svenska vägnätet består BK1. För BK1 gäller 60 tons bruttovikt, BK2 51,4 tons bruttovikt och BK3 gäller max 37,5 tons bruttovikt (Transportstyrelsen, 2014). Den del av vägnätet som inte består av allmän väg består av privatägda vägar och på dessa har ingen hänsyn till bärighetsklasser tagits. De konventionella lastbilarna på 60 ton kan, med tillstånd, köra på alla dessa tre bärighetsklasser genom att transportera lägre vikt (Transportstyrelsen, 2014). Eftersom 74 tons lastbilar inte är godkända att användas förutom via specialtillstånd där bilarna går på prov för olika företag så har det valts att inte låta dessa köra på BK2 och BK3 vägar. För att optimering skulle kunna undvika att 74 tons lastbilar körde på BK2 och BK3 vägar användes två olika vägnät, ett som tillät 60 tons lastbilar att köra på alla de tre bärighetsklasserna och ett som tillät 74 tons lastbilar att endast använda BK1 vägar. Dessa två vägnät togs fram via den nationella vägdatabasen (NVDB). NVDB är ett resultat av ett regeringsuppdrag som Vägverket fick. Uppdraget ledde till en nationell vägdatabas som omfattar ett referensvägnät och en stor mängd data som exempelvis bärighetsklass och tillåten hastighet (Transportstyrelsen, 2014). Denna databas kan användas av både privata och offentliga aktörer. För att kunna använda NVDB vägnät användes Krönt Vägval för att få tillgång till avstånd mellan avlägg och mottagare. Krönt Vägval är en karttjänst som är grundat på principen att välja ”den kortaste vägen med intelligens”. Detta definieras som den väg mellan avlägg och mottagare som är bäst lämpad att köra på utifrån exempelvis bärighetsklass och hastighetsbegränsningar (SDC, 2015).

All gruppering, sortering och urval har gjorts för att kunna få en god lösbarhet på optimeringen i FlowOpt, mycket hänsyn har tagits till att variabler inte ska uteslutas i onödan för att kunna få en god verklighetsförankring i analysen. Detta har gjorts i enighet med (Lundgren, et al., 2008) som pekar på att det är av betydande vikt att göra förenklingar av verkligheten för att komplexiteten och detaljnivån i modellen ska bli rimlig. Vidare säger Lundgren, et al., (2008) att det är viktigt att ständigt arbeta med att endast göra förenklingar som inte påverkar modellens verklighetsförankring och trovärdighet i för stor grad.

3.7 Transportkostnader

3.7.1 Transportkostnader för lastbil

Två olika kostnadsfunktioner har används i denna studie, en för 60 tons lastbilar och en för 74 tons lastbilar. I samråd med Skogforsk har kostnader från en studie gjord av Lindström (2014) används och enlighet med denna studie har en 13 % kostnadsminskning beräknas på kostnader för 74 tons lastbilar.

Kostnadsfunktionerna är uppbyggda med två kostnader (se Tabell 4), en driftbetingad fast kostnad och en proportionellt rörlig kostnad. Kostnadsfunktionerna är uppbyggda enligt följande formel:

Transportkostnad (SEK/m³fub)= F + (R * körsträcka i km)

F= Fast kostnad per m³fub (SEK)

R= Rörlig kostnad per m³fub och kilometer (SEK)

Tabell 4. Tabell över fördelning av kostnader

Beteckning	Lastbil 60	Lastbil 74
F	20,19	17,60
R	0,66	0,57

3.7.2 Transportkostnader för tåg

De kostnader för tågtransporter och terminaler som används i optimeringen bygger på den berörda organisationens egna avtal och överenskommelser och kan på grund av sekretess inte redovisas i denna studie. Trots att organisationens namn inte framgår i denna studie kan siffror ge antydanden om vart dessa har inhämtas ifrån. Men de kostnader som används i studien är baserade på en kostnadsfunktion uppbyggd av en fast kostnad och en rörlig kostnad som räknas genom SEK/m³fub för att passa in i optimeringen.

3.8 Etiskt förhållningssätt

När det kommer till att behandla insamlad data är det viktigt att personer och organisationer som deltagit behandlas med försiktighet och värdighet (Denscombe, 2009). Har den insamlade datan fått tillgänglig genom löften om att all data ska hanteras konfidentiellt och anonymt vid användandet är det av betydande vikt att löftet respekteras (Bell, 2007). Detta betyder således att den information som personer och organisationer lämnat i studien ska behandlas med försiktighet och ur ett etiskt perspektiv och ingen av de inblandande ska kunna drabbas negativt för sin välvilja att delta i studien. Enligt Denscombe (2009) finns det tre viktiga aspekter att tänka på vid behandling av känslig information.

- Arbeta på ett sätt som respekterar deltagarnas integritet.
- Respektera deltagarnas rättigheter och värdighet.
- Arbeta på ett sådant sätt att deltagarna inte lider någon skada av att medverka i studien.

I denna studie har hänsyn tagits till etiska aspekter genom att utesluta namnet på den berörda organisationen, angivelser av namn på personer som kan kopplas ihop med organisationen samt att tågstkostnader och de totala kostnaderna inte redovisas i kronor. De totala kostnaderna redovisas istället i form av antal enheter och varje enhet representerar således samma värde i varje scenario. Det finns olika anledningar till att det skulle kunna vara av intresse att tillkännage den berörda organisationen och studiens deltagare, dels för att kunna ge läsaren en bättre övergripande förståelse över hur de olika transportflödena har gått till och vilka terminaler och industrier som efterfrågar olika sortiment och kvantiteter och dels för vissa resultat kan vara lättare att sätta i ett verklighetsperspektiv om all information finns tillgänglig. Men den främsta anledningen till att det kan vara av intresse är för vidare forskning på området. Att detta inte kan redovisas har dock ingen påverkan på resultatet och har således ingen egentlig betydelse för studien utan resultatet bör anses vara lika relevant trots anonymitet.

3.9 Metod för frågeställningar

Den första frågeställningen syftar till att undersöka och ge svar på hur och om ett införande av 74 tons lastbilar skulle påverka andelen transporter som sker med tåg. Frågeställning besvaras huvudsakligen av det bearbetade klassiska transportproblemet vars målfunktion bygger på de urval och insamlingar av data som gjorts för att sedan optimeras och lösas med optimeringsverktyget FlowOpt. Eftersom problemet bygger på att minimera de totala kostnaderna har de olika scenarierna optimeras utifrån de förutsättningar som funnits och varit

möjliga i respektive scenario. Detta leder således till att samma metodik används för att kunna besvara frågeställning två, att belysa om totala kostnaderna kunde minskas för ett kombinerat tåg- och lastbilssystem med hjälp av 74 tons lastbilar. Frågeställning tre syftade till att undersöka och besvara om en kombinerat tåg- och lastbilssystem med hjälp av 74 tons lastbilar skulle sänka de totala koldioxidutsläppen. För att besvara detta användes de olika ingångsvärdena i utsläppsavsnittet och beräknades sedan med hjälp av NTM:s kalkylverktyg.

4. Resultat och analys

I detta kapitel sammanställs, beskrivs och redovisas resultatet från optimeringarna. En efterföljande resultatanalys finns efter varje redovisat moment.

4.1 Inverkan på andelen tågtransporter

Scenario I användes för att återspegla hur fördelningen av transporter skulle ha skett utifrån de förutsättningar och urval som gjorts i studien. Resultatet ger således förståelse över hur grundförutsättningar såg ut innan 74 tons lastbilar gjordes tillgängliga i optimeringarna. Resultatet i scenario I (se Tabell 5) visade att drygt 4 miljoner m³fub transporterades med lastbil till industri, vilket motsvarar 69,50 % av transporterna medan nästan 1,8 miljoner m³fub transporterades med tåg till industri, något som motsvarar 30,50 % av transporterna. Den totala kvantiteten i respektive scenario består således av drygt 5,8 miljoner m³fub som transporteras från skogen till den slutgiltiga mottagaren och representerar all transport för ett år.

Tabell 5. Transportval för scenario I

Transport	Kvantitet i m ³ fub	Andel i procent
Direkt transport		
Lastbil 60	4047071	69,50 %
Via terminal		
Tåg	1776549	30,50
Totalt	5823620	100,00 %

Scenario II byggdes upp för att kunna spegla de olika transportvalen som gjordes när det fanns tillgång till 74 tons lastbilar. Resultatet från scenario II (se Tabell 6) visar att nästan 4,2 miljoner m³fub transporteras med lastbil till industri, där drygt 3,9 miljoner m³fub transporteras med hjälp av 74 tons lastbilar medan drygt 316000 m³fub transporteras med hjälp av 60 tons lastbilar. Något som motsvarar en fördelning på 66,67 % respektive 5,44 %. Den kvantitet som transporterades med tåg uppgick till drygt 1,6 miljoner m³fub. Resultatet visar således på att 72,11 % av transporterna sker med lastbil och 27,89 % av transporterna sker med tåg i scenario II.

Tabell 6. Transportval för scenario II

Transport	Kvantitet i m ³ fub	Andel i procent
Direkt transport		
Lastbil 60	316544	5,44 %
Lastbil 74	3882748	66,67 %
Via terminal		
Tåg	1624328	27,89 %
Totalt	5823620	100,00 %

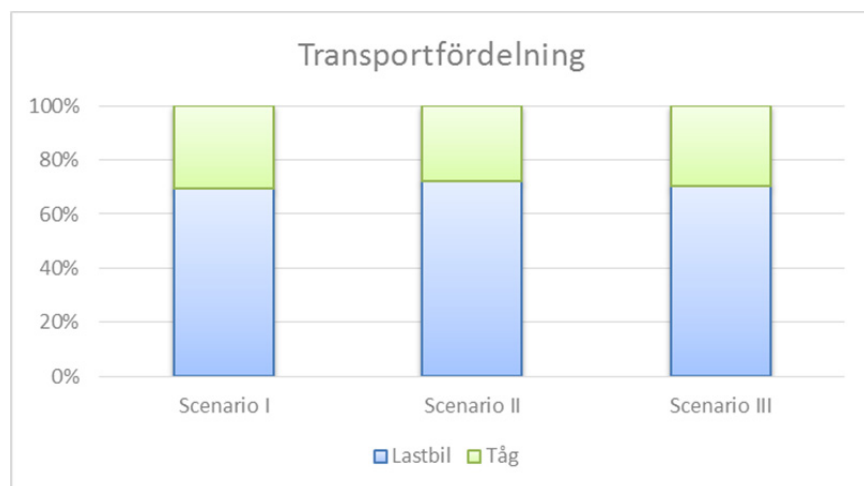
Scenario III huvudsakliga tanke var att bygga upp ett scenario där enbart 74 tons lastbilar skulle användas men eftersom ett fåtal avlägg ej kan nås med dessa lastbilar behövdes 60 tons lastbilar finnas med som förutsättning för att inte göra resultatet missvisande. Men för att 60 tons lastbilar enbart skulle användas då inget annat alternativ var möjligt sattes en straffkostnad vid användandet. Resultatet av scenario III (se Tabell 7) visar att drygt 4,1 miljoner m³fub transporterades med lastbil till industri, med en uppdelning på nästan 4

miljoner m³fub som transporterades med 74 tons lastbilar medan drygt 163000 m³fub behövdes transporteras med 60 tons lastbilar, vilket motsvarar en fördelning på 67,7 % respektive 2,8 %. Transporter med tåg uppgår till 29,5 % av transporterna och motsvarar drygt 1,7 miljoner m³fub. Transportfördelningen blev således att 70,5 % av transporter skedde med lastbilar och 29,5 % av transporterna skedde med tåg.

Tabell 7. Transportval för scenario III

Transport	Kvantitet i m ³ fub	Andel i procent
Direkt transport		
Lastbil 60	163670	2,8 %
Lastbil 74	3942303	67,7 %
Via terminal		
Tåg	1717347	29,5 %
Totalt	5823620	100,00 %

Den kvantitet som transporterades är givetvis densamma för varje scenario men i och med förutsättningar i scenario II och III fanns det möjlighet för ändringar i transportvalen och givet det resultat som redovisats har olika transportval skett i och med nya förutsättningar. Scenario I som symboliserar grundförutsättningar i de tre olika fallen visade ett resultat med uppdelning på 69,50 % lastbilstransporter och 30,50 % tågtransporter. Jämför man detta med scenario II och III (se Figur 2) skulle andel tågtransporter minska med 2,61 procentenheter respektive 1 procentenheter medan andelen lastbilstransporter skulle öka med motsvarande. Transportfördelningen i scenario II blir således att 72,11 % av transporterna sker med lastbil och 27,89 % av transporterna sker med tåg medan i scenario III sker 70,50 % av transporterna med lastbil och 29,50 % av transporterna sker med tåg.



Figur 2. Jämförelse mellan transportvalen i de olika scenarierna.

4.2 Inverkan på den totala transportkostnaden

Den totala transportkostnaden i scenario I (se Tabell 8) uppgick till 625 enheter. Av den totala transportkostnaden utgjorde kostnaden för lastbilstransporter 79 %, vilket motsvarade 494 enheter. Tågtransporterna uppgick till 21 % av transporterna, vilket ger en kostnad på 131 enheter.

Tabell 8. Transportkostnad för scenario I

Transport	Kostnad i enheter	Andel i procent
Lastbil 60	494 enheter	79,04 %
Tåg	131 enheter	20,96 %
Total kostnad	625 enheter	100,00 %

Den totala transportkostnaden i scenario II (se Tabell 9) uppgick till drygt 563 enheter. Av den totala transportkostnaden stod lastbilstransporterna för 443 enheter, där transport med 60 tons lastbil utgjorde 39 enheter av kostnaden medan kostanden för transport med 74 tons lastbil uppgick till 404 enheter. Lastbilstransporter motsvarar således 79 % av den totala kostnaden med en fördelning på 7 % respektive 72 % för de olika lastbilarna. Transportkostnaden för tåg uppgick till nästan 120 enheter och motsvarar 21 % av den totala kostnaden.

Tabell 9. Transportkostnad för scenario II

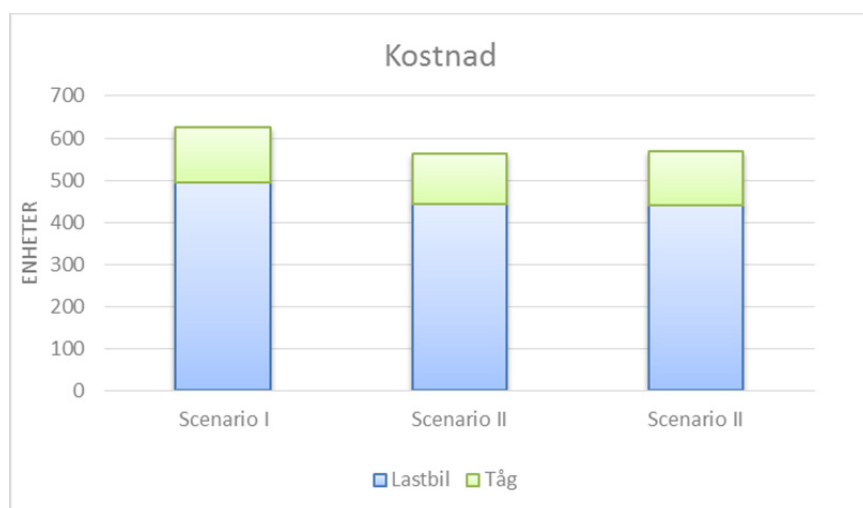
Transport	Kostnad i enheter	Andel i procent
Lastbil 60	39 enheter	6,93 %
Lastbil 74	404 enheter	71,76 %
Tåg	120	21,31 %
Total kostnad	563 enheter	100,00 %

Den totala transportkostnaden i scenario III (se Tabell 10) uppgick till 568 enheter. Kostnaden för lastbilstransporter stod för 441 enheter var av kostnaden för transporter med 60 tons lastbilar uppgick till 31 enheter medan kostnaden för transporter med 74 tons lastbilar uppgick till 410 enheter. Resultatet visar således på att kostnaden för lastbilstransporter uppgick till 77 % av den totala kostnaden, var av 5,5 % bestod av 60 tons lastbilar och 72 % bestod av 74 tons lastbilar. Transportkostnaden för tåg uppgick till 127 enheter och utgjorde 21,24 % av den totala kostnaden.

Tabell 10. Transportkostnad för scenario III

Transport	Kostnad i enheter	Andel i procent
Lastbil 60	31 enheter	5,45 %
Lastbil 74	410 enheter	72,19 %
Tåg	127 enheter	22,36 %
Total kostnad	568 enheter	100,00 %

De totala transportkostnaden för scenario I uppgår till drygt 625 enheter (se Figur 3) medan kostnaden i scenario II uppgår till 563 enheter. Resultatet visar således på en minskning med 62 enheter och scenario II ger således 10 % lägre transportkostnader. Den totala kostnaden i scenario III uppgick till 568 enheter. Vid en jämförelse mellan scenario I och scenario III blir skillnaden 57 enheter och motsvarar 9 % lägre transportkostnader



Figur 3. Jämförelse mellan de totala kostnaderna i de olika scenarierna.

4.3 Inverkan på koldioxidutsläppen

I Tabell 11 har koldioxidutsläppen för respektive transport i scenario I summerats och omfattar utsläpp för 60 tons lastbilar samt tåg. De totala koldioxidutsläppen för scenario I uppgick till 35880 ton, där lastbilstransporter utgör 35825 ton och tågtransporter utgör 55 ton. De beräkningar som redovisas omfattar hela den transporterade sträckan, det vill säga både lastad och olastad sträcka. Som teorin nämner är det fossil koldioxid som oftast nämns när man analyserar olika utsläpp och är även det som redovisas i denna studie.

Tabell 11. Koldioxidutsläpp i scenario I

Transport	Utsläpp beräknat i ton
Lastbil 60	35825
Tåg	55
Totalt	35880

I Tabell 12 har koldioxidutsläppen för respektive transport i scenario II summerats och omfattar utsläpp för 60 och 74 tons lastbilar och tåg. Utsläppen för lastbilstransporter uppgick till 33441 ton med en fördelning på 2881 respektive 30530 ton för 60 och 74 tons lastbilar. Utsläppen för tågtransporter uppgick således till 50 ton.

Tabell 12. De totala utsläppen i scenario II

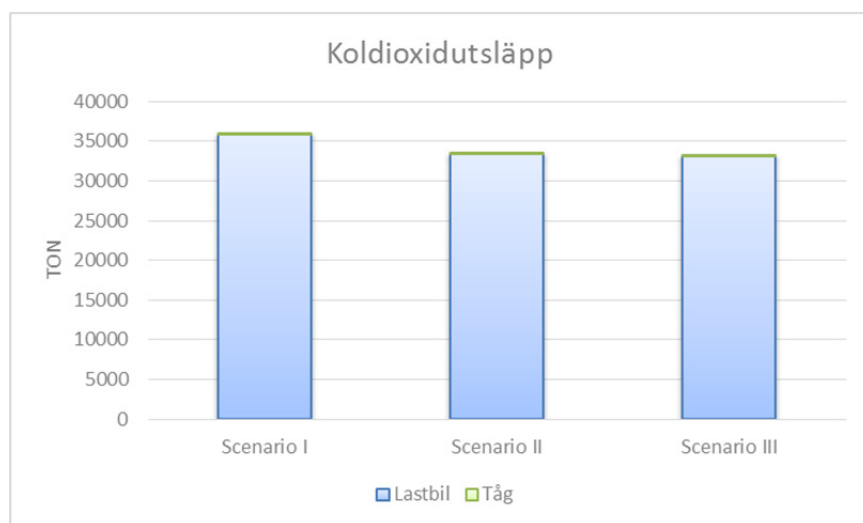
Transport	Utsläpp beräknat i ton
Lastbil 60	2881
Lastbil 74	30530
Tåg	50
Totalt	33461

I Tabell 13 har koldioxidutsläppen för respektive transport i scenario III summerats och omfattar utsläpp för 60 och 74 tons lastbilar och tåg. De totala utsläppen för lastbilstransporter uppgick till 33150 med en fördelning hos 60 och 74 tons lastbilar på 2190 respektive 30960 ton. Utsläppen för tåg uppgick till 54 ton.

Tabell 13. De totala utsläppen i scenario III

Transport	Utsläpp beräknat i ton
Lastbil 60	2190
Lastbil 74	30960
Tåg	54
Totalt	33204

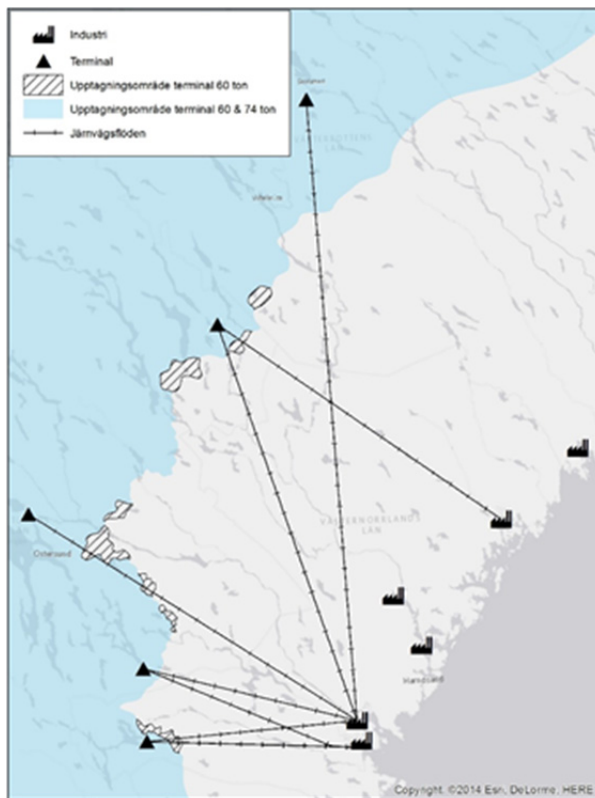
Resultatet för koldioxidutsläppen visar att utsläppen i scenario I (se Figur 4) skulle bli 35825 ton medan det totala utsläppet av koldioxid i scenario II skulle bli 33461 ton. Detta resulterar i en minskning med 2364 ton, vilket motsvarar ungefär 6,6 %. Vid en jämförelse mellan scenario I och III minskade koldioxidutsläppen med 2364 ton till 33204, vilket motsvarar en minskning på 7,3 %.



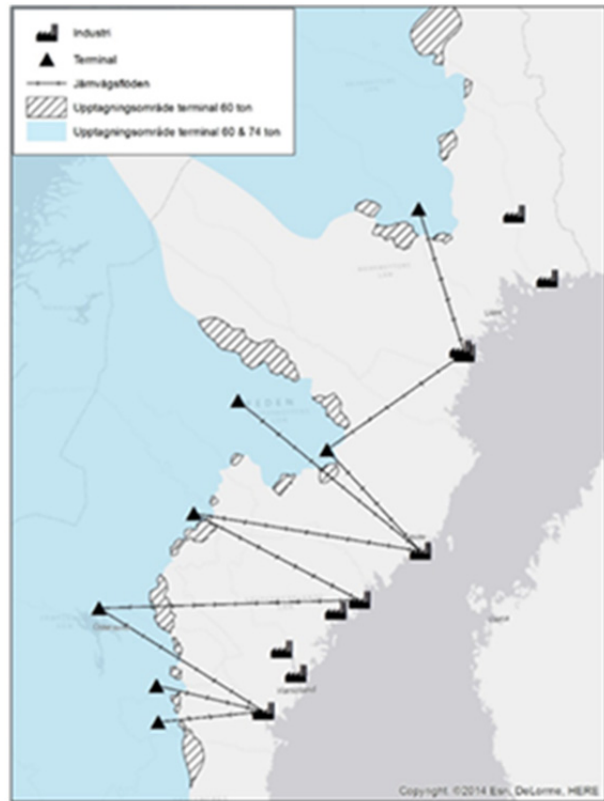
Figur 4. Jämförelse mellan de totala koldioxidutsläppen i de olika scenarierna.

4.4 Direktkörningsgräns

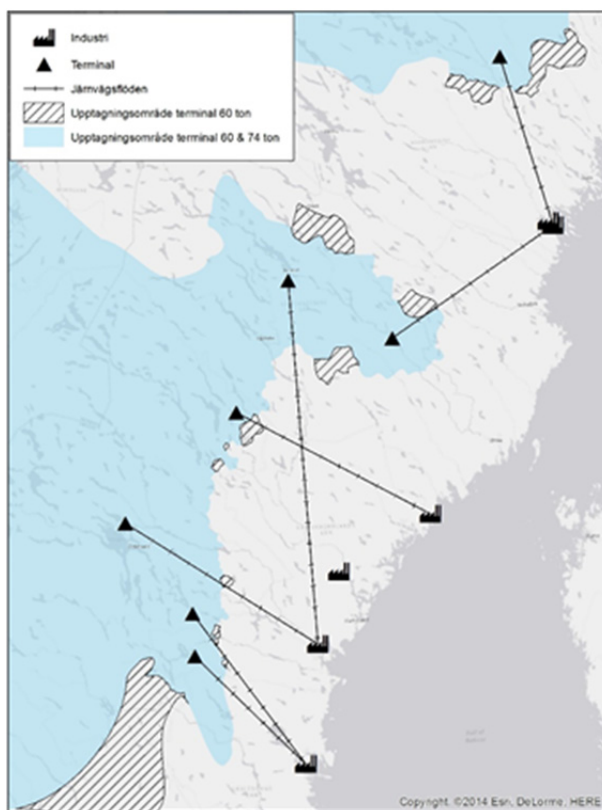
För att kunna visa hur de olika direktkörningsgränserna flyttas mellan 60 och 74 tons lastbilar har tre stycken kartor gjorts för att visualisera dessa skillnader. Kartorna är baserad på en jämförelse mellan scenario I och scenario II. Anledningen till att jämförelsen gjordes mellan dessa två scenarier är att de motsvarar de fall med störst skillnad i val av transport. Kartorna visar hur upptagningsområdena för barrmassaved (se 5 diagram), granmassaved (se diagram 6) samt lövmassa (se diagram 7) och vilka mottagare som är aktuella för respektive sortiment. Att inte sortimenten talltimmer och grantimmer presenteras visuellt är, som tidigare nämnt, att varje specifik transport för talltimmer eller grantimmer har en förutbestämd mottagare. Möjlighet att visa detta visuellt finns men skulle ge korsflöden över kartan vilket gör att det blir svårt att analysera vart och hur de olika flödena går. De transparenta blå områdena, kallade upptagningsområde 60 & 74 ton, på respektive karta motsvarar det område där både 60 och 74 tons lastbilar väljer att transportera respektive sortiment till terminal. De streckade områdena, kallade upptagningsområde 60, motsvarar det område som 60 tons lastbilar väljer att köra respektive sortiment till terminal medan 74 tons lastbilar väljer att köra sortimentet direkt till industri. Det är alltså i dessa områden direktkörningsgränsen flyttas till förmån för lastbilar vid ett införande av 74 tons lastbilar och motsvarar en del av skillnaden mellan andelen transporter som sker med tåg mellan scenario I och II. Det gråa områdena mellan de olika upptagningsområdena och industrierna motsvarar de områden där både 60 och 74 tons lastbilar väljer att köra direkt till industri.



Figur 5. Direktkörningsgräns för grannmassaved.



Figur 6. Direktkörningsgräns för barrmassaved.



Figur 7. Direktkörningsgräns för lövmassaved.

Vid jämförelse av de tre olika kartorna och resultatet av direktkörningsgränsen går det att tyda att de olika direktkörningsgränserna skiftar. För varje sortiment skiftar direktkörningsgränsen olika vilket resulterar i att det inte går att bestämma en generell regel över hur direktkörningsgränsen påverkas av 74 tons lastbilar. Något som leder till att optimeringar behöver göras för varje specifikt sortiment på valt område för att kunna analysera hur gränsen flyttas. Jämförelsen mellan direktkörningsgränserna visar dock att gränsen flyttas till förmån för 74 tons lastbilar. Med detta menas alltså att det blir ett antal områden som 74 tons lastbilar väljer att köra direkt till industri istället för att köra timmer eller massaved till terminal för vidare transport därifrån med tåg.

5. Diskussion

Detta kapitel innehåller en metoddiskussion om studiens tillvägagångssätt samt en resultatdiskussion som behandlar studiens resultat.

5.1 Metoddiskussion

Modellformulering

Under studiens gång har stor vikt lagts på att hitta en modellformulering som skulle kunna ha en god lösbarhet samt ge rimliga resultat. Det har därför varit viktigt att hitta en modellformulering som kan anses vara detaljrik och således bli verklighetstrogen. Samtidigt har modellen förenklats genom urval och avvägningar av variabler för att kunna få en god lösbarhet på modellen. Även om stor vikt har lagts på att dessa avvägningar ska göras utan att riskera verklighetsförankringen finns det alltid risk att variabler som valts bort kan ha en påverkan på resultatet. Dock visar resultatet från scenario I en transportfördelning på 69,50 % lastbilar och 30,50 % tåg. Detta kan jämföras med företaget som ursprungsdatan kommer ifrån som har en fördelning på 71 % lastbilar och 29 % tåg vid sina transporter. Resultatet verifierar därmed att de förenklingar som gjorts i modellen inte har försämrat verklighetsförankringen i någon större omfattning.

Optimering av verkligheten

I denna studie har resultatet uppnåtts genom att optimera transportflödena. Att använda sig av ett optimeringsverktyg för att matematiskt modellera verkligheten har sina för- och nackdelar. Fördelen är det ger möjlighet att undersöka vilka de optimala transportflödena är och ger därför en bild över vad som kan vara teoretiskt möjligt. Men att arbeta utifrån optimala förhållande är sällan något som är verklighet för de flesta företag. Enligt Lumsden (2006) finns det många olika former av störningar från omvärlden som kan påverka transportplaneringen för ett företag. Det i kombination med känsliga skogsbilvägar (Löfroth, et al., 2014) gör att det finns omständigheter som kan göra att det optimala inte längre blir möjligt. Detta leder till att den optimalt minimerade transportkostnaden höjs eftersom nya lösningar behövs för att säkerställa virkesleveranser till mottagare. Det är även svårt att räkna in omständigheter som beror på den mänskliga faktorn, vilket är något som inte tas hänsyn till i det optimerade resultatet. Hur mycket kostnaden kan avvika från det optimerade resultatet kan bero på olika faktorer men Lumsden (2006) menar på att det till stor del beror på företagets förmåga att parera störningar som uppkommer och kunna anpassa sig efter de nya förutsättningarna.

Geografiska läget

Att göra en fallstudie har fördelen att det ger en bra bild över hur transporter sker för det undersökta området. Eftersom studien gjorts på transporter i Norrland bör resultatet tolkas och analyseras utifrån dessa förutsättningar. Det är därför svårt att veta hur resultatet skulle bli vid analyser av transporter i Svealand och Götaland. Detta beror på att det finns många faktorer som kan spela in vid val av transport, exempelvis avstånd, bärighetsklasser, antal terminaler och mottagare.

Vägnätets bärighetsklasser

Att tillåta att 74 tons lastbilar trafikerar alla vägar klassade med bärighetsklass 1 kan ses som något som kan gynna 74 tons lastbilar gentemot tåg i optimering. Det finns nämligen inga beslut för vilka vägar som skulle vara aktuella för 74 tons lastbilar. Detta kan ge resultatet att om färre antal vägar skulle vara tillgängliga skulle transportandelen som flyttas över i scenario

II och III minskas. Det är inte heller troligt att några BK 2 och BK 3 vägar blir tillgängliga för 74 tons lastbilar utifrån rådande bruttoviktsbegränsningar (Transportstyrelsen, 2014).

Vald undersökningsperiod

Att använda sig av data som representerar 12 tidsperioder ger ett resultat som kan återspegla olika årstiders efterfrågan och kan undvika ett resultat som påverkats av säsongsvariationer. Ett resultat påverkat av säsongsvariationer hade kunnat inträffa om den undersökta tidsperioden varit kortare. Det kan dock framstå som en nackdel att undersökningsperioden enbart är ett år eftersom specifika händelser just det året kan spela in på resultatet. Specifika händelser som inte hör till vanligheten kan ge flöden som normalt inte sker men har under rådande förutsättningar gjorts nödvändiga. Exempel på detta kan vara att transporter måste ske över längre sträckor än vad som hör till vanligheten för att efterfrågan hos en specifik industri ökat för en specifik månad och utbuden runt denna industri inte räcker för att tillfredsställa den oförutsedda efterfrågan. Att analysera detta är något som kan vara svårt och undviks bäst genom att göra studien över flera år eller göra flera studier med data från olika specifika år.

Kapacitetsbegränsningar

Vid de olika optimeringarna som gjorts i studien har ingen hänsyn till olika lastfyllnadsgrader tagits. Transportkostnadsfunktionen i FlowOpt förutsätter en lastfyllnadsgrad på 100 %, ett antagande som stämmer bättre för 60 ton än för 74 ton. Detta innebär att den tänkta transportkostnadsminskningen med 13 % för 74 tons lastbilar kan vara en överskattning. Överflyttningseffekten bör i så fall vara något mindre än vad resultatet visar. En lastfyllnadsgrad på 100 % är inte heller något som alltid är fallet i verkligheten och kan göra att lastbilar används i större utsträckning än vad som skulle vara aktuellt i fall där lastfyllnadsgraden varierar för olika transporter. Att lastfyllnadsgraden kan variera mellan olika transporter beror på att olika sortiment väger olika vilket gör att en fullastad lastbil inte alltid väger den tillåtna bruttovikten. Anledningen till att lastfyllnadsgraden sattes till 100 % beror på den krävande tidsåtgången för att undersöka olika lastfyllnadsgrader för olika transporter och ansågs därför inte vara möjlig i denna studie.

Efter att denna studie var långt gånge beslutade regeringen att lastbilar med en bruttovikt på 64 ton skulle tillåtas, det fanns dock ingen möjlighet att ta hänsyn till detta i studien. Det skulle dock ha varit av intresse att jämföra 64 och 74 tons lastbilar på samma sätt som studien jämfört 60 och 74 tons lastbilar.

Ingångsvärden för transportkostnader och utsläpp

Ingångsvärden för både transportkostnader och koldioxidutsläpp har baserats på tidigare studier gjorda inom området. Dessa studier har på varierande sätt tagit fram de aktuella värdena vilket leder till att de antagande som redovisas har säkerställts på olika sätt. Det är svårt att beräkna en generell bränsleförbrukning för lastbilar och att använda samma bränsleförbrukning för alla tidsperioder och sträckor är något som möjligtvis inte återspeglar verkligheten. Detta beror på att olika lastbilsförare är olika skickliga att minska bränsleförbrukning samt att olika väder- och vägförhållanden spelar in. Trots detta bör bränsleförbrukningen i denna studie ses som ett bra genomsnitt för de körda sträckorna eftersom det är en sammanvägning av tre tidigare studier gjorda utifrån liknande förutsättningar. Att enbart beräkna på lok som drivs på elektricitet gör att utsläppen för dessa blir marginella i förhållande till utsläppen för lastbilar. Ett alternativ angreppssätt hade varit att även undersöka hur koldioxidutsläppen påverkats av att eldrivna lok ersatts med dieseldrivna lok. Detta hade kunnat vara intressant eftersom de båda alternativen används på

den svenska järnvägen men enligt Kihlström⁵ drivs den största delen av timmertransporter i Sverige av eldrivna lok och därför valdes endast dessa att undersökas. Att undersöka varje transportsträcka för att studera möjlighet till el- eller dieseldrivna lok hade varit väldigt tidskrävande och var något som inte var möjligt i denna studie.

5.2 Resultatdiskussion

Både scenario II och scenario III är bättre alternativ ur ett kostnads- och utsläppsperspektiv än scenario I. De utgör alternativ som visserligen minskar andelen tågtransporter men sänker de totala transportkostnaderna samt sänker de totala koldioxidutsläppen i jämförelse med förutsättningarna i scenario I. Vidare bör scenario II ses som det scenario som skulle kunna påvisa framtida möjligheter för olika företag med liknande förutsättningar som företaget i denna studie. Anledning till att scenario II anses spegla framtida möjligheter bäst baseras på att FlowOpt fritt kunnat välja mellan de olika transportvalen i detta scenario. I scenario III blev, som tidigare nämnt, FlowOpt tvingat till att använda sig av 60 tons lastbilar trots att dessa hade belagts med en straffkostnad. Anledningen till användningen var att bärighetsklasserna på vägnätet vid vissa avlägg inte kunde hantera 74 tons lastbilar, något som gjorde valet nödvändigt. Resultatet visade således att de bestämda bärighetsklasserna på vägnätet gör att transporter inte enbart kan ske med 74 tons lastbilar och att det även fanns fall där 74 tons lastbilar kunde nå avläggen men att 60 tons lastbilar var fördelaktigare att använda. Anledningen till det är att de olika fordonen kan köra olika vägsträckor från avlägg till industri beroende på bärighetsklasserna. Dessa anledningar visar på att om ett införande av 74 tons lastbilar skulle bli aktuellt är en kombination av 74 och 60 tons lastbilar det mest gynnsamma.

Resultatet av studien visar även på att ett införande av 74 tons lastbilar skulle flytta direktkörningsgränsen till fördel för lastbilstransporter och motsvarar således en del av de 1,00–2,61 procentenheter som andelen tågtransporter minskar. Visualiseringen av direktkörningsgränserna visar på att det inte går att fastställa någon generell regel för hur direktkörningsgränsen flyttas utan varje sortiment utgör olika direktkörningsgränser.

Vidare finns det potential att 74 tons lastbilar kan ha ett större upptagningsområde i och med att det går att lasta mer gods, något som kan leda till att marginalvolymen blir tillgängliga. Det vill säga, volymer som annars inte varit möjliga att fånga upp på grund av att kostnaden blir för hög när ytterligare vändor måste köras. Dessa volymer kan då bli tillgängliga och kan tas upp av det berörda företaget istället för att tas upp av konkurrenter. Det skulle därför vara intressant att se hur mycket upptagningsområdet kan öka i och med användandet av 74 tons lastbilar. När man studerar hur upptagningsområdet kan förändras går det även att undersöka hur så kallade noll-områden skulle påverkas, det vill säga, områden där avverkning inte ger någon lönsamhet. Ett införande av 74 tons lastbilar skulle eventuellt kunna ge dessa områden en bättre lönsamhet, vilket öppnar upp för att tågterminaler omkring dessa områden kan få en ny roll för transporter.

Vid en jämförelse av resultatet i denna studie med resultat från studier av Andersson och Frisk (2013a) och Löfroth och Svensson (2012) går det att finna många likheter. Resultatet från denna studie visade på kostnadsbesparingar på 10 % för scenario II och 9 % för scenario III gentemot scenario I. Resultatet kan jämföras med Andersson och Frisk (2012) som kunde påvisa kostnadsbesparingar mellan 10–15 % medan Löfroth och Svensson (2012) kunde påvisa 5 till 10 % lägre transportkostnader vid användning av tyngre lastbilar. Jämför man

⁵ Urban Kihlström Rolling stock manager på Hector Rail, telefonsamtal 23 april 2015.

resultatet av koldioxidutsläppen visade denna studie en minskning på 6,6 % för scenario II respektive 7,32 % för scenario III gentemot scenario I medan Löfroth och Svensson (2012) kunde påvisa en minskning med 8 % vid användning av tyngre lastbilar. Denna studie visar således att ett kombinerat tåg- och lastbilssystem kan sänka transportkostnaderna och koldioxidutsläppen jämfört med ett system enbart innehållande 60 tons lastbilar och tåg i samma mån som studier gjorda på enbart skillnaden mellan 60 och 74 tons lastbilar (Andersson & Frisk, 2013a; Löfroth & Svensson, 2012)

6. Slutsatser

Detta kapitel innehåller de slutsatser som kunnat dras från de erhållna resultaten, från de efterföljande resultatanalyser och diskussionen samt förslag på vidare forskning inom området.

Hur skulle införandet av 74 tons lastbilar påverka andelen transporter som sker med tåg?

Resultatet av studien visar på att under optimala förhållanden och utifrån angivna förutsättningar skulle ett införande av 74 tons lastbilar minska andelen tågtransporter upp till 2,6 %.

Kan införandet av 74 tons lastbilar ge lägre transportkostnader för ett kombinerat tåg- och lastbilssystem än det befintliga systemet med tåg och 60 tons lastbilar?

Ett införande av 74 tons lastbilar skulle ge upp till 10 % lägre transportkostnader för ett system som innehåller 60 och 74 tons lastbilar samt tåg.

Kan införandet av 74 tons lastbilar ge lägre koldioxidutsläpp för ett kombinerat tåg- och lastbilssystem än det befintliga systemet med tåg och 60 tons lastbilar?

Ett kombinerat tåg- och lastbilssystem som har möjlighet att använda 74 tons lastbilar skulle ge 6,6–7,3 % lägre koldioxidutsläpp än vad ett system med enbart 60 tons lastbilar och tåg skulle göra.

Utöver de valda frågeställningarna har studien givit svar på frågor gällande bärighetsklasser och direktkörningsgränser. Resultatet visar på att det svenska vägnätet, utifrån de bärighetsklasser som används i dagsläget (2015), inte är anpassat för transporter med enbart 74 tons lastbilar. Utan det behövs en kombination av 60 och 74 tons lastbilar för få tillgång till timmer och massaved via alla avlägg samt att det finns vägsträckor från avlägg till industri som är bättre anpassade för transport med 60 tons lastbilar. Visualiseringen av de olika direktkörningsgränserna visar på att det inte finns någon generell regel som kan fastställas över hur mycket direktkörningsgränserna flyttas utan bara att gränsen flyttas till förmån för lastbilar vid ett införande av 74 tons lastbilar.

6.1 Förslag på vidare forskning

För att kunna säkerställa att resultatet från studien skulle bli likadant vid en nationell implementering av 74 tons lastbilar behövs analyser över flera geografiska områden eftersom olika företag och olika områden har olika förutsättningar och varierande möjligheter utifrån olika aspekter. Genom att använda sig av samma tillvägagångssätt men för olika företag och områden skulle en bild kunna skapas över vilka effekter ett införande av tyngre lastbilar skulle få på den totala lastbils- och järnvägstransporten i Sverige.

Ett exempel på detta skulle vara att göra denna analys över transporter som endast sker i Svealand respektive Götaland. Det skulle även vara intressant att analysera transporter som sker mellan Norrland, Svealand och Götaland eller några av dessa tre alternativ.

I denna studie har inga känslighetsanalyser upprättats för att analysera effekten av ändringar i kostnadsfunktionerna eller i utsläppsvärdena. Avsaknaden av känslighetsanalyser gör det svårt att förutsäga hur resultatet skulle ändras om nya förutsättningar som exempelvis kilometerskatt, höjda bränslekostnader eller förändrad bränsleförbrukning skulle tas i antagande. Av den anledning borde därför vidare forskning även fokusera på att upprätta känslighetsanalyser för att undersöka hur ändrade förutsättningar för olika faktorer kan påverka resultatet.

Referenser

- Andersson, G., 2013c. *Kalklyter som beslutsunderlag*. 7 red. Lund: Studentlitteratur.
- Andersson, G. & Frisk, M., 2013a. *Stora lastbilar ger goda miljöeffekter*. [Online]
Available at: <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2013/Skogsbrukets-transporter-20101/>
- Andersson, G. & Frisk, M., 2013b. *Skogsbrukets transporter 2010*, Uppsala: Skogforsk.
- Asmoarp, V., Edlund, J. & Jonsson, R., 2013. *Bränsleuppföljning för två fordon inom. Arbetsrapport nr. 803-2013*, Uppsala: Skogforsk.
- Bell, J., 2007. *Introduktion till forskningsmetodik*. 4 red. Danmark: Studentlitteratur.
- Bergdahl, A., 2002. *Olika faktorerers betydelse för potentiell kostnadsbesparing genom*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Brunberg, T., Enström, J. & Löfroth, C., 2009. *Ett genomsnittligt virkesfordon drar*, Uppsala: Skogforsk.
- Carlsson, D. & Rönnqvist, M., 1998. *Tactical planning of forestry transportation with respect for backhauling*, Linköping: Linköping University.
- Chopra, S. & Meindl, P., 2013. *Supply chain management : strategy, planning, and operation*. New Jersey: PEARSON, Prentice Hall.
- Dagens Industri, 2015. *Dagens Industri*. [Online]
Available at: <http://www.di.se/di/artiklar/2015/1/24/s-svang-tung-last-for-naringslivet-4/?share=90F4AA6D8E6D6FAB6910074816F9CCD7>
- Denscombe, M., 2009. *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 1 red. Lund: Studentlitteratur.
- Dykstra, D. P., 1984. *Mathematical programming for natural resource management*. United States of America: McGraw-Hill.
- Ejvegård, R., 2009. *Vetenskaplig metod*. 4:4 red. Lund: Studentlitteratur.
- Forsberg et al., 2005. FlowOpt - a decision support tool for strategic and tactical transportation planning in forestry.. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 16, no. 2,, pp. 101-114.
- Gode, J. o.a., 2011. *Miljöfaktaboken 2011*. Stockholm: Värmeforsk.
- Holme, M. I. & Solvang, K. B., 1991. *Forskningsmetodik - Om kvalitativa och kvantitativa metoder*. 1 red. Lund: Studentlitteratur AB.
- IBM, 2015. *IBM ILOG CPLEX Optimization Studio*. [Online]
Available at: <http://www-01.ibm.com/software/commerce/optimization/cplex-optimizer/>
[Använd 11 03 2015].
- Jacobsen, I., 2007. *Vad, hur och varför?*. 1:5 red. Malmö: Studentlitteratur.
- Lindström, J., 2014. *Analys av potentiell kostnadsbesparing vid införande av ST-kran*, Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lumsden, K., 2006. *Logistikens grunder*. 2nd red. Pozkal, Poland: Studentlitteratur.
- Lundgren, J., Rönnqvist, M. & Värbrand, P., 2008. *Optimeringslära*. 3:1 red. Malmö: Studentlitteratur.
- Löfroth, C. & Svenson, G., 2012. *ETT – Modulsystem för skogstransporter – En Trave Till (ETT och Större Travar (ST))*. Arbetsrapport nr. 758, Uppsala: Skogforsk.
- Löfroth, C., Svensson, B., Bäckström, B. & Thorneus, P., 2014. *Skogsbilvägar : service, underhåll och upprustning*. Uppsala: Skogforsk.
- NTM, 2015. *Network for transport measures*. [Online]
Available at: <http://www.transportmeasures.org/sv/>
[Använd 03 05 2015].
- SDC, 2015. *SDC.se*. [Online]
Available at: <http://sdc.se/default.asp?id=1061>
[Använd 18 05 2015].
- SDC, 2015. *VIOL Koder V 5.4*, Sundsvall: SDC.
- SDC, 2015. *Virkesmätning*. [Online]
Available at: <http://ny.sdc.se/default.asp?id=2013>
[Använd 23 05 2015].
- Skogforsk, 2015a. *Skogforsk*. [Online]
Available at: <http://www.skogforsk.se/om-skogforsk/>
[Använd 21 01 2015].
- Skogforsk, 2015b. *Skogforsk*. [Online]
Available at: <http://www.skogforsk.se/om-skogforsk/finansiering/>
- Skogforsk, 2015c. *Skogforsk*. [Online]
Available at: <http://www.skogforsk.se/om-skogforsk/organisation/>
- Skogforsk, 2015d. *Skogforsk*. [Online]
Available at: <http://www.skogforsk.se/om-skogforsk/intressenter/>

- Skogsencyklopedin, 2015. *Skogsencyklopedin*. [Online]
Available at: <http://www.kunskapdirekt.se/sv/KunskapDirekt/u/Skogsencyklopedin/>
[Använd 20 05 2015].
- Skogsindustrierna, 2013. *Skogsindustrierna*. [Online]
Available at: <http://www.skogsindustrierna.org/branschen/branschfakta/transport>
[Använd 26 03 2015].
- Skogstyrelsen, 2014. *Skogsstatistisk årsbok 2014*, Jönköping: Skogstyrelsen.
- TransportForsK AB, 2014. *Implementering av tunga lastbilar i Finland*, Stockholm: TFK - TransportForsK AB.
- Transportstyrelsen, 2014. *Lasta lagligt - Vikt-och dimensionsbestämmelser för tunga fordon*, Stockholm: Transportstyrelsen.
- Örtendahl, A., 2001. *Analys av massavedsflöden med transportoptimeringsmodellen NETRA.*, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Publications from The Department of Forest Products, SLU, Uppsala

Rapporter/Reports

1. Ingemarson, F. 2007. De skogliga tjänstemännens syn på arbetet i Gudruns spår. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Lönnstedt, L. 2007. *Financial analysis of the U.S. based forest industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
4. Stendahl, M. 2007. *Product development in the Swedish and Finnish wood industry*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
5. Nylund, J-E. & Ingemarson, F. 2007. *Forest tenure in Sweden – a historical perspective*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
6. Lönnstedt, L. 2008. *Forest industrial product companies – A comparison between Japan, Sweden and the U.S.* Department of Forest Products, SLU, Uppsala
7. Axelsson, R. 2008. Forest policy, continuous tree cover forest and uneven-aged forest management in Sweden's boreal forest. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
8. Johansson, K-E.V. & Nylund, J-E. 2008. NGO Policy Change in Relation to Donor Discourse. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Uetimane Junior, E. 2008. Anatomical and Drying Features of Lesser Known Wood Species from Mozambique. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
10. Eriksson, L., Gullberg, T. & Woxblom, L. 2008. Skogsbruksmetoder för privatskogs-brukaren. *Forest treatment methods for the private forest owner*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
11. Eriksson, L. 2008. Åtgärdsbeslut i privatskogsbruket. *Treatment decisions in privately owned forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lönnstedt, L. 2009. *The Republic of South Africa's Forests Sector*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
13. Blicharska, M. 2009. *Planning processes for transport and ecological infrastructures in Poland – actors' attitudes and conflict*. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Nylund, J-E. 2009. *Forestry legislation in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Björklund, L., Hesselman, J., Lundgren, C. & Nylinder, M. 2009. Jämförelser mellan metoder för fastvolymbestämning av stockar. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nylund, J-E. 2010. *Swedish forest policy since 1990 – reforms and consequences*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
17. Eriksson, L., m.fl. 2011. Skog på jordbruksmark – erfarenheter från de senaste decennierna. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
18. Larsson, F. 2011. Mätning av bränsleved – Fastvolym, torrhalt eller vägning? Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Karlsson, R., Palm, J., Woxblom, L. & Johansson, J. 2011. Konkurrenskraftig kundanpassad affärsutveckling för lövträ - Metodik för samordnad affärs- och teknikutveckling inom leverantörskedjan för björkämnen. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
20. Hannerz, M. & Bohlin, F., 2012. Markägares attityder till plantering av poppel, hybridasp och *Salix* som energigrödor – en enkätundersökning. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
21. Nilsson, D., Nylinder, M., Fryk, H. & Nilsson, J. 2012. Mätning av grotflis. *Measuring of fuel chips*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
22. Sjöstedt, V. 2013. *The Role of Forests in Swedish Media Response to Climate Change – Frame analysis of media 1992-2010*. Licentiate thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
23. Nylinder, M. & Fryk, H. 2014. Mätning av delkvistad energived. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

Examensarbeten/Master Thesis

1. Stangebye, J. 2007. Inventering och klassificering av kvarlämnad virkesvolym vid slutavverkning. *Inventory and classification of non-cut volumes at final cut operations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
2. Rosenquist, B. 2007. Bidragsanalys av dimensioner och postningar – En studie vid Vida Alvesta. *Financial analysis of economic contribution from dimensions and sawing patterns – A study at Vida Alvesta*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
3. Ericsson, M. 2007. En lyckad affärsrelation? – Två fallstudier. *A successful business relation? – Two case studies*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
4. Ståhl, G. 2007. Distribution och försäljning av kvalitetsfuru – En fallstudie. *Distribution and sales of high quality pine lumber – A case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
5. Ekholm, A. 2007. Aspekter på flyttkostnader, fastighetsbildning och fastighetstorlekar. *Aspects on fixed harvest costs and the size and dividing up of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
6. Gustafsson, F. 2007. Postningsoptimering vid sönderdelning av fura vid Sätters Ångsåg. *Saw pattern optimising for sawing Scots pine at Sätters Ångsåg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
7. Götherström, M. 2007. Följdeckter av olika användningssätt för vedråvara – en ekonomisk studie. *Consequences of different ways to utilize raw wood – an economic study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
8. Nashr, F. 2007. *Profiling the strategies of Swedish sawmilling firms*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
9. Högsborn, G. 2007. Sveriges producenter och leverantörer av limträ – En studie om deras marknader och kundrelationer. *Swedish producers and suppliers of glulam – A study about their markets and customer relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
10. Andersson, H. 2007. *Establishment of pulp and paper production in Russia – Assessment of obstacles*. Etablering av pappers- och massaproduktion i Ryssland – bedömning av möjliga hinder. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
11. Persson, F. 2007. Exponering av trägolv och lister i butik och på mässor – En jämförande studie mellan sport- och bygghandeln. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
12. Lindström, E. 2008. En studie av utvecklingen av drivningsnett i skogsbruket. *A study of the net conversion contribution in forestry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
13. Karlhager, J. 2008. *The Swedish market for wood briquettes – Production and market development*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
14. Höglund, J. 2008. *The Swedish fuel pellets industry: Production, market and standardization*. Den Svenska bränslepelletsindustrin: Produktion, marknad och standardisering. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
15. Trulsson, M. 2008. Värmebehandlat trä – att inhämta synpunkter i produktutvecklingens tidiga fas. *Heat-treated wood – to obtain opinions in the early phase of product development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
16. Nordlund, J. 2008. Beräkning av optimal batchstorlek på gavelspikningslinjer hos Vida Packaging i Hestra. *Calculation of optimal batch size on cable drum flanges lines at Vida Packaging in Hestra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
17. Norberg, D. & Gustafsson, E. 2008. *Organizational exposure to risk of unethical behaviour – In Eastern European timber purchasing organizations*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
18. Bäckman, J. 2008. Kundrelationer – mellan Setragroup AB och bygghandeln. *Customer Relationshipship – between Setragroup AB and the DIY-sector*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
19. Richnau, G. 2008. *Landscape approach to implement sustainability policies? - value profiles of forest owner groups in the Helgeå river basin, South Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
20. Sokolov, S. 2008. *Financial analysis of the Russian forest product companies*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
21. Färlin, A. 2008. *Analysis of chip quality and value at Norske Skog Pisa Mill, Brazil*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
22. Johansson, N. 2008. *An analysis of the North American market for wood scanners*. En analys över den Nordamerikanska marknaden för träscannern. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
23. Terzieva, E. 2008. *The Russian birch plywood industry – Production, market and future prospects*. Den ryska björkplywoodindustrin – Produktion, marknad och framtida utsikter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
24. Hellberg, L. 2008. Kvalitativ analys av Holmen Skogs internprissättningsmodell. *A qualitative analysis of Holmen Skogs transfer pricing method*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

25. Skoglund, M. 2008. Kundrelationer på Internet – en utveckling av Skandias webbplats. *Customer relationships through the Internet – developing Skandia's homepages*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
26. Hesselman, J. 2009. Bedömning av kunders uppfattningar och konsekvenser för strategisk utveckling. *Assessing customer perceptions and their implications for strategy development*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
27. Fors, P-M. 2009. *The German, Swedish and UK wood based bio energy markets from an investment perspective, a comparative analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
28. Andrä, E. 2009. *Liquid diesel biofuel production in Sweden – A study of producers using forestry- or agricultural sector feedstock*. Produktion av förnyelsebar diesel – en studie av producenter av biobränsle från skogs- eller jordbrukssektorn. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
29. Barrstrand, T. 2009. Oberoende aktörer och Customer Perceptions of Value. *Independent actors and Customer Perception of Value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
30. Fälldin, E. 2009. Påverkan på produktivitet och produktionskostnader vid ett minskat antal timmerlängder. *The effect on productivity and production cost due to a reduction of the number of timber lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
31. Ekman, F. 2009. Stormskadornas ekonomiska konsekvenser – Hur ser försäkringsersättningsnivåerna ut inom familjeskogsbruket? *Storm damage's economic consequences – What are the levels of compensation for the family forestry?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
32. Larsson, F. 2009. Skogsmaskinföretagarnas kundrelationer, lönsamhet och produktivitet. *Customer relations, profitability and productivity from the forest contractors point of view*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
33. Lindgren, R. 2009. Analys av GPS Timber vid Rundviks sågverk. *An analysis of GPS Timber at Rundvik sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
34. Rådberg, J. & Svensson, J. 2009. Svensk skogsindustris framtida konkurrensfördelar – ett medarbetarperspektiv. *The competitive advantage in future Swedish forest industry – a co-worker perspective*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
35. Franksson, E. 2009. Framtidens rekrytering sker i dag – en studie av ingenjörstudenter uppfattningar om Södra. *The recruitment of the future occurs today – A study of engineering students' perceptions of Södra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
36. Jonsson, J. 2009. *Automation of pulp wood measuring – An economical analysis*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
37. Hansson, P. 2009. *Investment in project preventing deforestation of the Brazilian Amazonas*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
38. Abramsson, A. 2009. Sydsvenska köpsågverksstrategier vid stormtimmerlagring. *Strategies of storm timber storage at sawmills in Southern Sweden*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
39. Fransson, M. 2009. Spridning av innovationer av träprodukter i byggvaruhandeln. *Diffusion of innovations – contrasting adopters views with non adopters*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
40. Hassan, Z. 2009. *A Comparison of Three Bioenergy Production Systems Using Lifecycle Assessment*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
41. Larsson, B. 2009. Kunders uppfattade värde av svenska sågverksföretags arbete med CSR. *Customer perceived value of Swedish sawmill firms work with CSR*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
42. Raditya, D. A. 2009. *Case studies of Corporate Social Responsibility (CSR) in forest products companies - and customer's perspectives*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
43. Cano, V. F. 2009. *Determination of Moisture Content in Pine Wood Chips*. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
44. Arvidsson, N. 2009. Argument för prissättning av skogsfastigheter. *Arguments for pricing of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
45. Stjernberg, P. 2009. Det hyggesfria skogsbruket vid Yttringe – vad tycker allmänheten? *Continuous cover forestry in Yttringe – what is the public opinion?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
46. Carlsson, R. 2009. *Fire impact in the wood quality and a fertilization experiment in Eucalyptus plantations in Guangxi, southern China*. Brandinverkan på vedkvaliteten och tillväxten i ett gödselexperiment i Guangxi, södra Kina. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
47. Jerenius, O. 2010. Kundanalys av tryckpappersförbrukare i Finland. *Customer analysis of paper printers in Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
48. Hansson, P. 2010. Orsaker till skillnaden mellan beräknad och inmätt volym grot. *Reasons for differences between calculated and scaled volumes of tops and branches*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

49. Eriksson, A. 2010. *Carbon Offset Management - Worth considering when investing for reforestation CDM*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
50. Fallgren, G. 2010. På vilka grunder valdes limträleverantören? – En studie om hur Setra bör utveckla sitt framtida erbjudande. *What was the reason for the choice of glulam deliverer? - A studie of proposed future offering of Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
51. Ryno, O. 2010. Investeringskalkyl för förbättrat värdeutbyte av furu vid Krylbo sågverk. *Investment Calculation to Enhance the Value of Pine at Krylbo Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
52. Nilsson, J. 2010. Marknadsundersökning av färdigkapade produkter. *Market investigation of pre cut lengths*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
53. Mörner, H. 2010. Kundkrav på biobränsle. *Customer Demands for Bio-fuel*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
54. Sunesdotter, E. 2010. Affärsrelationers påverkan på Kinnarps tillgång på FSC-certifierad råvara. *Business Relations Influence on Kinnarps' Supply of FSC Certified Material*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
55. Bengtsson, W. 2010. Skogsfastighetsmarknaden, 2005-2009, i södra Sverige efter stormarna. *The market for private owned forest estates, 2005-2009, in the south of Sweden after the storms*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
56. Hansson, E. 2010. Metoder för att minska kapitalbindningen i Stora Enso Bioenergis terminallager. *Methods to reduce capital tied up in Stora Enso Bioenergy terminal stocks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
57. Johansson, A. 2010. Skogsallmänningars syn på deras bankrelationer. *The commons view on their bank relations*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
58. Holst, M. 2010. Potential för ökad specialanpassning av trävaror till byggföretag – nya möjligheter för träleverantörer? *Potential for greater customization of the timber to the construction company – new opportunities for wood suppliers?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
59. Ranudd, P. 2010. Optimering av råvaruflöden för Setra. *Optimizing Wood Supply for Setra*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
60. Lindell, E. 2010. Rekreation och Natura 2000 – målkonflikter mellan besökare och naturvård i Stendörrens naturreservat. *Recreation in Natura 2000 protected areas – visitor and conservation conflicts*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
61. Coletti Pettersson, S. 2010. Konkurrentanalys för Setragroup AB, Skutskär. *Competitive analysis of Setragroup AB, Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
62. Steiner, C. 2010. Kostnader vid investering i flisaggregat och tillverkning av pellets – En komparativ studie. *Expenses on investment in wood chipper and production of pellets – A comparative study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
63. Bergström, G. 2010. Bygghandelns inköpsstrategi för träprodukter och framtida efterfrågan på produkter och tjänster. *Supply strategy for builders merchants and future demands for products and services*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
64. Fuente Tomai, P. 2010. *Analysis of the Natura 2000 Networks in Sweden and Spain*. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
65. Hamilton, C-F. 2011. Hur kan man öka gallringen hos privata skogsägare? En kvalitativ intervjustudie. *How to increase the thinning at private forest owners? A qualitative questionnaire*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
66. Lind, E. 2011. Nya skogsbaserade material – Från Labb till Marknad. *New wood based materials – From Lab to Market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
67. Hulusjö, D. 2011. Förstudie om e-handel vid Stora Enso Packaging AB. *Pilot study on e-commerce at Stora Enso Packaging AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
68. Karlsson, A. 2011. Produktionsekonomi i ett lövsågverk. *Production economy in a hardwood sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
69. Bränngård, M. 2011. En konkurrensanalys av SCA Timbers position på den norska bygghandelsmarknaden. *A competitive analyze of SCA Timbers position in the Norwegian builders merchant market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
70. Carlsson, G. 2011. Analysverktyget Stockluckan – fast eller rörlig postning? *Fixed or variable tuning in sawmills? – an analysis model*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
71. Olsson, A. 2011. Key Account Management – hur ett sågverksföretag kan hantera sina nyckelkunder. *Key Account Management – how a sawmill company can handle their key customers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

72. Andersson, J. 2011. Investeringsbeslut för kraftvärmeproduktion i skogsindustrin. *Investment decisions for CHP production in The Swedish Forest Industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
73. Bexell, R. 2011. Hög fyllnadsgrad i timmerlagret – En fallstudie av Holmen Timbers sågverk i Braviken. *High filling degree in the timber yard – A case study of Holmen Timber's sawmill in Braviken*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
74. Bohlin, M. 2011. Ekonomisk utvärdering av ett grantimmersortiment vid Bergkvist Insjön. *Economic evaluation of one spruce timber assortment at Bergkvist Insjön*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
75. Enqvist, I. 2011. Psykosocial arbetsmiljö och riskbedömning vid organisationsförändring på Stora Enso Skutskär. *Psychosocial work environment and risk assessment prior to organizational change at Stora Enso Skutskär*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
76. Nylinder, H. 2011. Design av produktkalkyl för vidareförädlade trävaror. *Product Calculation Design For Planed Wood Products*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
77. Holmström, K. 2011. Viskosmassa – framtid eller fluga. *Viscose pulp – fad or future*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
78. Holmgren, R. 2011. Norra Skogsägarnas position som trävaruleverantör – en marknadsstudie mot bygghandeln i Sverige och Norge. *Norra Skogsägarnas position as a wood-product supplier – A market investigation towards the builder-merchant segment in Sweden and Norway*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
79. Carlsson, A. 2011. Utvärdering och analys av drivningsentreprenörer utifrån offentlig ekonomisk information. *Evaluation and analysis of harvesting contractors on the basis of public financial information*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
80. Karlsson, A. 2011. Förutsättningar för betalningsgrundande skördarmätning hos Derome Skog AB. *Possibilities for using harvester measurement as a basis for payment at Derome Skog AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
81. Jonsson, M. 2011. Analys av flödesekonomi - Effektivitet och kostnadsutfall i Sveaskogs verksamhet med skogsbränsle. *Analysis of the Supply Chain Management - Efficiency and cost outcomes of the business of forest fuel in Sveaskog*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
82. Olsson, J. 2011. Svensk fartygsimport av fasta trädbaserade biobränslen – en explorativ studie. *Swedish import of solid wood-based biofuels – an exploratory study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
83. Ols, C. 2011. Retention of stumps on wet ground at stump-harvest and its effects on saproxylic insects. Bevarande av stubbar vid stubbrytning på våt mark och dess inverkan på vedlevande insekter. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
84. Börjegen, M. 2011. Utvärdering av framtida mätmetoder. *Evaluation of future wood measurement methods*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
85. Engström, L. 2011. Marknadsundersökning för högvärdiga produkter ur klenkubb. *Market survey for high-value products from thin sawn timber*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
86. Thorn-Andersen, B. 2012. Nuanskaffningskostnad för Jämtkrafts fjärrvärmeanläggningar. *Today-acquisition-cost for the district heating facilities of Jämtkraft*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
87. Norlin, A. 2012. Skogsägarföreningarnas utveckling efter krisen i slutet på 1970-talet – en analys av förändringar och trender. *The development of forest owners association's in Sweden after the crisis in the late 1970s – an analysis of changes and trends*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
88. Johansson, E. 2012. Skogsbränslebalansen i Mälardalsområdet – Kraftvärmeverkens syn på råvaruförsörjningen 2010-2015. *The balance of wood fuel in the region of Mälardalen – The CHP plants view of the raw material supply 2010-2015*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
89. Biruk, K. H. 2012. *The Contribution of Eucalyptus Woodlots to the Livelihoods of Small Scale Farmers in Tropical and Subtropical Countries with Special Reference to the Ethiopian Highlands*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
90. Otuba, M. 2012. *Alternative management regimes of Eucalyptus: Policy and sustainability issues of smallholder eucalyptus woodlots in the tropics and sub-tropics*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
91. Edgren, J. 2012. *Sawn softwood in Egypt – A market study*. En marknadsundersökning av den Egyptiska barrträmarknaden. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
92. Kling, K. 2012. *Analysis of eucalyptus plantations on the Iberian Peninsula*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
93. Heikkinen, H. 2012. Mätning av sorteringsdiameter för talltimmer vid Kastets sågverk. *Measurement of sorting diameter for pine logs at Kastet Sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

94. Munthe-Kaas, O. S. 2012. Markedsanalyse av skogsforsikring i Sverige og Finland. *Market analysis of forest insurance in Sweden and Finland*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
95. Dietrichson, J. 2012. Specialsortiment på den svenska rundvirkesmarknaden – En kartläggning av virkeshandel och -mätning. *Special assortments on the Swedish round wood market – A survey of wood trade and measuring*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
96. Holmquist, V. 2012. Timmerlängder till Iggesunds sågverk. *Timber lengths for Iggesund sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
97. Wallin, I. 2012. *Bioenergy from the forest – a source of conflict between forestry and nature conservation? – an analysis of key actor's positions in Sweden*. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
98. Ederyd, M. 2012. Användning av avverkningslikvider bland svenska enskilda skogsägare. *Use of harvesting payments among Swedish small-scale forest owners*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
99. Högberg, J. 2012. Vad påverkar marknadsvärdet på en skogsfastighet? - En statistisk analys av markvärdet. *Determinants of the market value of forest estates. - A statistical analysis of the land value*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
100. Sääf, M. 2012. Förvaltning av offentliga skogsfastigheter – Strategier och handlingsplaner. *Management of Municipal Forests – Strategies and action plans*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
101. Carlsson, S. 2012. Faktorer som påverkar skogsfastigheters pris. *Factors affecting the price of forest estates*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
102. Ek, S. 2012. FSC-Fairtrade certifierade trävaror – en marknadsundersökning av två byggvaruhandlare och deras kunder. *FSC-Fairtrade labeled wood products – a market investigation of two builders' merchants, their business customers and consumers*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
103. Bengtsson, P. 2012. Rätt pris för timmerråvaran – en kalkylmodell för Moelven Vänerply AB. *Right price for raw material – a calculation model for Moelven Vänerply AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
104. Hedlund Johansson, L. 2012. Betalningsplaner vid virkesköp – förutsättningar, möjligheter och risker. *Payment plans when purchasing lumber – prerequisites, possibilities and risks*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
105. Johansson, A. 2012. *Export of wood pellets from British Columbia – a study about the production environment and international competitiveness of wood pellets from British Columbia*. Träpelletsexport från British Columbia – en studie om förutsättningar för produktion och den internationella konkurrenskraften av träpellets från British Columbia. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
106. af Wählberg, G. 2012. Strategiska val för Trivselhus, en fallstudie. *Strategic choices for Trivselhus, a case study*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
107. Norlén, M. 2012. Utvärdering av nya affärsområden för Luna – en analys av hortikulturindustrin inom EU. *Assessment of new market opportunities for Luna – an analysis of the horticulture industry in the EU*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
108. Pilo, B. 2012. Produktion och beståndsstruktur i fullskiktad skog skött med blädningsbruk. *Production and Stand Structure in Uneven-Aged Forests managed by the Selection System*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
109. Elmkvist, E. 2012. Den ekonomiska konsekvensen av ett effektiviseringsprojekt – fallet förbättrad timmersortering med hjälp av röntgen och 3D-mätning. *The economic consequences of an efficiency project - the case of improved log sorting using X-ray and 3D scanning*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
110. Pihl, F. 2013. Beslutsunderlag för besökarundersökningar - En förstudie av Upplandsstiftelsens naturområden. *Decision Basis for Visitor Monitoring – A pre-study of Upplandsstiftelsen's nature sites*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
111. Hulusjö, D. 2013. *A value chain analysis for timber in four East African countries – an exploratory case study*. En värdekedjeanalys av virke i fyra Östafrikanska länder – en explorativ fallstudie. Bachelor Thesis. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
112. Ringborg, N. 2013. Likviditetsanalys av belånade skogsfastigheter. *Liquidity analysis of leveraged forest properties*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
113. Johnsson, S. 2013. Potential för pannvedsförsäljning i Nederländerna - en marknadsundersökning. *Potential to sell firewood in the Netherlands – a market research*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
114. Nielsen, C. 2013. Innovationsprocessen: Från förnyelsebart material till produkt. *The innovation process: From renewable material to product*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
115. Färdeman, D. 2013. Förutsättningar för en lyckad lansering av "Modultrall" - En studie av konsumenter, små byggföretag och bygghandeln. *Prerequisites for a successful launch of Modular Decking - A study of consumers, small building firms and builders merchants firms*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

116. af Ekenstam, C. 2013. Produktionsplanering – fallstudie av sågverksplanering, kontroll och hantering. *Production – case study of sawmill Planning Control and Management*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
117. Sundby, J. 2013. Affärsrådgivning till privatskogsägare – en marknadsundersökning. *Business consultation for non-industry private forest owners – a market survey*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
118. Nylund, O. 2013. Skogsbränslekedjan och behov av avtalsmallar för skogsbränsleentreprenad. *Forest fuel chain and the need for agreement templates in the forest fuel industry*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
119. Hoflund, P. 2013. Sågklassläggning vid Krylbo såg – En studie med syfte att öka sågutbytet. *Saw class distribution at Krylbo sawmill - a study with the aim to increase the yield*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
120. Snögren, J. 2013. Kundportföljen i praktiken – en fallstudie av Orsa Lamellträ AB. *Customer portfolio in practice – a case study of Orsa Lamellträ AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
121. Backman, E. 2013. Förutsättningar vid köp av en skogsfastighet – en analys av olika köparens kassaflöde vid ett fastighetsförvärv. *Conditions in an acquisition of a forest estate – an analysis of different buyers cash flow in a forest estate acquisition*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
122. Jacobson Thalén, C. 2013. Påverkan av e-handels framtida utveckling på pappersförpackningsbranschen. *The future impact on the paper packaging industry from online sales*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
123. Johansson, S. 2013. Flödesstyrning av biobränsle till kraftvärmeverk – En fallstudie av Ryaverket. *Suggestions for a more efficient flow of biofuel to Rya Works (Borås Energi och Miljö AB)*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
124. von Ehrenheim, L. 2013. *Product Development Processes in the Nordic Paper Packaging Companies: An assessments of complex processes*. Produktutvecklingsprocesser i de nordiska pappersförpackningsföretagen: En analys av komplexa processer. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
125. Magnusson, D. 2013. Investeringsbedömning för AB Karl Hedins Sågverk i Krylbo. *Evaluation of an investement at AB Karl Hedin's sawmill in Krylbo*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
126. Fernández-Cano, V. 2013. Epoxidiserad linolja som hydrofob substans för träskydd - teknologi för behandling och egenskaper av modifierat trä. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
127. Lönnqvist, W. 2013. Analys av värdeoptimeringen i justerverket – Rörvik Timber. *Analysis of Value optimization in the final grading – Rörvik Timber*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
128. Pettersson, T. 2013. Rätt val av timmerråvara – kan lönsamheten förbättras med en djupare kunskap om timrets ursprung? *The right choice of saw logs – is it possible to increase profitability with a deeper knowledge about the saw logs' origin?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
129. Schotte, P. 2013. Effekterna av en ny råvara och en ny produktmix i en komponentfabrik. *Effects of a new raw material and a new productmix in a component factory*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
130. Thiger, E. 2014. Produktutveckling utifrån nya kundinsikter. *Product development based on new customer insights*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
131. Olsson, M. 2014. Flytande sågklassläggning på Iggesund sågverk. *Flexible sorting of logs at Iggesund sawmill*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
132. Eriksson, F. 2014. Privata skogsägars betalningsvilja för skogsförvaltning. *Non- industrial private forest owners' willingness to pay for forest administration*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
133. Hansson, J. 2014. Marknadsanalys av douglasgran (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) i Sverige, Danmark och norra Tyskland. *Market analysis of douglas fir (Pseudotsuga menziesii [Mirb.] Franco) in Sweden, Denmark and northern Germany*.
134. Magnusson, W. 2014. *Non-state actors' role in the EU forest policy making – A study of Swedish actors and the Timber Regulation negotiations*. Icke statliga aktörers roll i EU:s skogspolicy – En studie av svenska aktörer i förhandlingarna om timmerförordningen. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
135. Berglund, M. 2014. Logistisk optimering av timmerplan – En fallstudie av Kåge såg. *Logistical optimization of the timber yard – A case study of Kåge såg*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
136. Ahlbäck, C.H. 2014. Skattemässiga aspekter på generationsskiftet av skogsfastigheter. *Fiscal aspects of ownership succession within forest properties*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
137. Wretemark, A. 2014. Skogsfastigheters totala produktionsförmåga som förklarande variabel vid prissättning. *Forest estate timber producing capability as explainabler variable for pricing*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

138. Friberg, G. 2014. En analysmetod för att optimera skotning mot minimerad körsträcka och minimerad påverkan på mark och vatten. *A method to optimize forwarding towards minimized driving distance and minimized effect on soil and water*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
139. Wetterberg, E. 2014. Spridning av innovationer på en konkurrensutsatt marknad. *Diffusion of Innovation in a Competitive Market*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
140. Zander, E. 2014. Bedömning av nya användningsområden för sågade varor till olika typer av emballageprodukter. *Assessment of new packaging product applications for sawn wood*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
141. Johansson, J. 2014. *Assessment of customers' value-perceptions' of suppliers' European pulp offerings*. Bedömning av Europeiska massakunders värdeuppfattningar kring massaproducenters erbjudanden. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
142. Odlander, F. 2014. Att upprätta ett konsignationslager – en best practice. *Establishing a consignment stock – a best practice*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
143. Levin, S. 2014. *The French market and customers' perceptions of Nordic softwood offerings*. Den franska marknaden och kundernas uppfattning om erbjudandet av nordiska sågade trävaror. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
144. Larsson, J. 2014. *Market analysis for glulam within the Swedish construction sector*. Marknadsanalys för limträ inom den svenska byggbranschen. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
145. Eklund, J. 2014. *The Swedish Forest Industries' View on the Future Market Potential of Nanocellulose*. Den svenska skogsindustrins syn på nanocellulosans framtida marknadspotential. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
146. Berglund, E. 2014. *Forest and water governance in Sweden*. Styrning av skog och vatten i Sverige. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
147. Anderzén, E. 2014. Svenska modebranschens efterfrågan av en svensktillverkad cellulosebaserad textil. *The Swedish fashion industry's demand for Swedish-made cellulose-based textiles*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
148. Gemmel, A. 2014. *The state of the Latvian wood pellet industry: A study on production conditions and international competitiveness*. Träpelletsindustrin i Lettland: En studie i produktionsförhållanden och internationell konkurrenskraft. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
149. Thorning, A. 2014. Drivkrafter och barriärer för FSC-certifiering inom försörjningskedjan till miljöcertifierade byggnader. *Drivers and barriers for FSC certification within the supply chain for environmentally certified buildings*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
150. Kvick, L. 2014. Cellulosebaserade textilier - en kartläggning av förädlingskedjan och utvecklingsprojekt. *Cellulose based textiles - a mapping of the supply chain and development projects*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
151. Ahlgren, A. 2014. *A Swedish national forest programme – participation and international agreements*. Ett svenskt skogsprogram – deltagande och internationella överenskommelser. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
152. Ingmar, E. 2015. *An assessment of public procurement of timber buildings – a multi-level perspective of change dynamics within the Swedish construction sector*. En analys av offentliga aktörer och flervåningshus i trä – ett socio-tekniskt perspektiv på djupgående strukturella förändringar inom den svenska byggsektorn. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
153. Widenfalk, T. 2015. Kartläggning och analys av utfrakter vid NWP AB. *Mapping and analysis of transport of sawn good at NWP AB*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
154. Bolmgren, A. 2015. Hur arbetar lönsamma skogsmaskinentreprenörer i Götaland? *How do profitable forest contractors work in Götaland?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
155. Knutsson, B. 2015. Ägarkategoriens och andra faktorer inverkan på skogsfastigheters pris vid försäljning. *The effect of ownership and other factors effect on forest property's price at the moment of sale*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
156. Röhfors, G. 2015. Däckutrustningens påverkan på miljö och driftsekonomi vid rundvirkestransport. *The tire equipment's effect on environment and operating costs when log hauling*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
157. Matsson, K. 2015. *The impact of the EU Timber Regulation on the Bosnia and Herzegovinian export of processed wood*. Effekterna av EU:s förordning om timmer på exporten av träprodukter från Bosnien och Herzegovina. Department of Forest Products, SLU, Uppsala
158. Wickberg, H. 2015. Kortare timmer till sågen, en fallstudie om sänkt stötmån. *Shorter timber to the sawmill, a case study on reduced trim allowance*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

159. Gräns, A. 2015. Konstruktörers syn på trä som konstruktionsmaterial - Utbildning och information. *Wood as a construction material from the structural engineer's point of view - Education and information*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
160. Sydh Göransson, M. 2015. Skogsindustrins roll i bioekonomin – Vad tänker riksdagspolitikerna? *The forest industry's role in the bioeconomy – What do Swedish MPs think of it?* Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala
161. Lööf, M. 2015. En systemanalys av tyngre lastbilars påverkan på tågtransporter. *An analysis on the effects of heavier vehicles impact on railway transportation*. Institutionen för skogens produkter, SLU, Uppsala

Distribution
Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens produkter
Department of Forest Products
Box 7008
SE-750 07 Uppsala, Sweden
Tfn. +46 (0) 18 67 10 00
Fax: +46 (0) 18 67 34 90
E-mail: sprod@slu.se